

УДК 14.33.09
ГРНТИ 377.5.02:37.016
DOI

ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА STEAM ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ

Геря Вера Григорьевна

*химия пәнінің оқытушысы,
Қостанай құрылыс колледжі,
Қостанай, Қазақстан
e-mail: wera.geria@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ STEAM – ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ ХИМИИ

Геря Вера Григорьевна

*преподаватель химии,
Костанайский строительный колледж,
г. Костанай, Казахстан
e-mail: wera.geria@mail.ru*

THE USE OF STEAM – LEARNING IN CHEMISTRY LESSONS

Gerya Vera Grigorievna

*Chemistry teacher,
Kostanay Construction College,
Kostanay, Kazakhstan
e-mail: wera.geria@mail.ru*

Аңдатпа

STEAM – бірнеше пәндік салаларды біріктіретін, сыни ойлау, зерттеу құзыреттіліктері мен топтық жұмыс дағдыларын дамыту құралы ретінде жаңа білім беру технологиясы. Бұл әдіс оқушыларға зерттелетін әлемнің тұтас көрінісін алуға мүмкіндік береді және ғылымды жеке пәндерге бөлудің шарттылығын көрсетеді. Бұл мақалада химия сабақтарында STEAM-білім беруді (ғылым, технология, инженерия, өнер және математика) қолдану қарастырылады. STEAM-білім беру сыни ойлау, креативтілік және оқушылардың проблемаларды шешу дағдыларын дамытуға ықпал ететін интегративті тәсілді білдіреді. Мақалада мектептің химия бағдарламасына STEAM-білім беруді енгізу әдістері мен стратегиялары талданып, табысты тәжірибелердің мысалдары келтірілген. Оқушыларға химиялық білімді нақты өмірлік жағдайларда қолдануға мүмкіндік беретін пәнаралық жобаларға ерекше назар аударылады. Зерттеу нәтижелері STEAM-әдістерін қолдану химияға деген қызығушылықтың артуына, академиялық үлгерімнің жақсаруына және ХХІ ғасырдың негізгі құзыреттіліктерінің дамуына ықпал ететінін көрсетеді. Қорытындылай келе, мақалада білім беру мекемелерінде STEAM-бастамаларын одан әрі дамыту және қолдау қажеттілігі атап өтіледі, бұл оқушыларды қазіргі әлемнің сын-тегеуріндеріне дайындау үшін маңызды.

Анотация

STEAM – новая образовательная технология, сочетающая в себе несколько предметных областей, как инструмент развития критического мышления, исследовательских компетенций и навыков работы в группе. Данная методика позволяет обучающимся получить целостную картину изучаемого мира и демонстрирует условность разделения науки на отдельные дисциплины. В данной статье рассматривается применение STEAM-обучения (наука, технологии, инженерия, искусство и математика) на уроках химии. STEAM-обучение представляет собой интегративный подход, который способствует развитию критического мышления, креативности и навыков решения проблем у учащихся. В статье анализируются методы и стратегии внедрения STEAM-обучения в школьную программу по химии, а также приводятся примеры успешных практик. Особое внимание уделяется междисциплинарным проектам, которые позволяют учащимся применять химические

знания в реальных жизненных ситуациях. Результаты исследования показывают, что использование STEAM-методов способствует повышению интереса к химии, улучшению академической успеваемости и развитию ключевых компетенций XXI века. В заключение делаются выводы о необходимости дальнейшего развития и поддержки STEAM-инициатив в образовательных учреждениях для подготовки учащихся к вызовам современного мира

Annotation

STEAM is a new educational technology that combines several subject areas as a tool for developing critical thinking, research competencies, and teamwork skills. This methodology allows students to gain a holistic view of the studied world and demonstrates the conditionality of dividing science into separate disciplines. This article examines the application of STEAM education (science, technology, engineering, art, and mathematics) in chemistry lessons. STEAM education represents an integrative approach that promotes the development of critical thinking, creativity, and problem-solving skills in students. The article analyzes methods and strategies for implementing STEAM education in the school chemistry curriculum and provides examples of successful practices. Special attention is paid to interdisciplinary projects that allow students to apply chemical knowledge in real-life situations. The research results show that the use of STEAM methods contributes to increased interest in chemistry, improved academic performance, and the development of key 21st-century competencies. In conclusion, the article emphasizes the need for further development and support of STEAM initiatives in educational institutions to prepare students for the challenges of the modern world.

Негізгі сөздер: STEAM - оқыту, интеграцияланған тәсіл, тәжірибеге бағытталған тапсырмалар, шығармашылық, жобалық қызмет, сыни ойлау.

Ключевые слова: STEAM – обучение, интегрированный подход, практико-ориентированные задания, творческий подход, проектная деятельность, критическое мышление.

Keywords: STEAM – learning, integrated approach, practice-oriented tasks, creative approach, project activity, critical thinking.

В современном обществе стремительное развитие искусственного интеллекта, рост информации, технологизация всех сфер общества накладывают на область образования такие требования, которые вынуждены способствовать научно-техническому прогрессу страны.

Актуальность обучения студентов естественным наукам посредством STEAM – технологий заключается в потребности общества в будущих специалистах, готовых работать в сфере инновационных технологий. От людей данного рода деятельности требуется умение критически мыслить, находить новые пути решения задач, создавать новые направления и сферы жизнедеятельности для дальнейшего течения прогресса.

Компетентностный подход в образовании подразумевает обучение студентов адаптации к условиям меняющейся окружающей среды [1, с. 236].

Педагогическая технология, получившая название STEAM-образование, появилась в 90-х гг. XX в. в ответ на снижающийся интерес обучающихся к естественным точным наукам и возрастающий в то же время спрос на специалистов, связанных именно с этими областями знания: инженеров, программистов, IT-специалистов, исследователей и т. д. Тогда остро встал вопрос о том, как вызвать интерес обучающихся к современным достижениям наук, как развить у них естественно-научные компетенции.

STEAM-образование - педагогическая технология, базирующаяся на интеграции пяти блоков: S - Science, T - Technology, E - Engineering, A - Art, M - Math. STEAM-образование нацелено на преодоление изолированности в преподавании учебных предметов, что позволяет обучающимся посредством объединения концепций и знаний из разных учебных предметов, осмысленного, заинтересованного обучения более глубоко подойти не только к пониманию учебного материала, но и к решению реальных проблем [2].

В психолого-педагогической литературе теме STEM и STEAM технологий посвящено немало работ.

Шатунова О.В., анализируя работы исследователей, отмечает, что внедрение STEM

технологий в образование способно дать хорошие результаты в подготовке специалистов для цифровой экономики. Однако знаний, получаемых в рамках технологии STEM недостаточно для достижения успеха в будущей профессиональной деятельности. Поэтому в уже существующую концепцию STEM со временем была добавлена категория “Arts”, которая значительно расширила и обогатила ее содержание творческим, креативным компонентом.

Исследователи в области образования уверены, что STEM-проекты лучше готовят обучающегося к реальной жизни, осуществляя переход от традиционного образования к практической работе над конкретными задачами [3].

Как отмечает Сорокина Т.Е., любые инновации предполагают креативный подход к решению проблемы, а ключом к креативности является, как раз таки, “Arts” - образование. По ее мнению, это и является причиной активного движения от STEM к STEAM в мировой практике.

Перспективу STEM технологий можно объяснить результатами исследования European Schoolnet, проведенного в 30 странах в 2015 году. Согласно данным, 80% стран отметили STEM технологии как свой приоритет. Появлению STEM технологий способствовала проблема неспособности обучающихся применять знания и умения из разных дисциплин в одном проекте.

Целью STEM образования является развитие творческого мышления инженерного подхода при решении реальных задач. STEM подход представляет собой широкий комплекс действий, методик, которые ориентированы на готовность человека к будущему. Решено было добавить к STEM технологиям составляющую искусства (Art) с целью придать эстетику техническим предметам. В результате получилась технология STEAM (science – наука, technology – технология, engineering – инжиниринг, art – искусство, mathematics – математика) [4, с. 553-554].

Объединение научно-технической и творческой (гуманитарной) областей делает процесс образования более результативным и полезным для обучающихся.

Одновременная активная работа обоих полушарий мозга обеспечивает развитие как логического («левое» полушарие), так и интуитивного, креативного («правое» полушарие) мышления. В целом, если оценивать перспективность двух этих концепций -STEM и STEAM с творческой составляющей, то первая из них больше была востребована в конце прошлого века.

В то же время STEAM может адекватно и эффективно ответить на вызовы не только сегодняшнего дня, но и будущего. Здесь речь идет о том, что значительная часть рабочих процессов уже сейчас поддается автоматизации, а в будущем, как предсказывают аналитики, все больше профессий станет попадать в зону риска, исчезая одна за другой, - их будет заменять искусственный интеллект [2, с. 323–324].

STEAM технологии, интегрирующие пять областей образования в единую систему обучения, становятся более востребованными для субъектов современного образования. С 2011 года спрос на STEAM-профессии увеличился на 17%, а на традиционные профессии – всего лишь на 9,8%, что наглядно подтверждает высокий дидактический потенциал и большую востребованность STEM- и STEAM технологий современным социумом [3, с. 22].

Главная особенность STEAM технологий – комплексный подход, который базируется на оценивании образовательного процесса и его результатов, с целью позволить обучающимся использовать знания в реальной жизни. При этом STEAM-образование направлено на развитие карьерных, технологических и жизненных навыков для формирования ключевых компетенций 21 века, названных 4К – Коммуникация, Кооперация, Критическое мышление, Креативность [1, с. 237].

STEAM-образование выступает инструментом развития критического мышления, исследовательских компетенций, навыков работы в команде и творчества, оно направлено

на формирование научной картины мира с помощью проблемного, проектного, научно-исследовательского, инженерного, практико-ориентированного и творческого подходов, подготовку обучающихся к решению текущих и потенциальных проблем различного масштаба и характера, к адаптации в динамично меняющихся условиях.

Один из базовых принципов в STEAM-образовании - широкая межпредметная интеграция, выстроенная по разным векторам. Основная цель интеграции в образовании - демонстрация целостности, материального единства окружающего мира, его познаваемости, ознакомление с основными законами и методами познания.

Включение того или иного учебного предмета в STEAM-блок или синтез не нескольких дисциплин приводит к получению сгруппированных STEAM-кластеров. Каждый из них представлен набором учебных предметов. STEAM-кластер Science включает естественно-научные учебные предметы, которые занимаются познанием законов природы с целью улучшения жизни человека. Необходимо, чтобы взаимосвязь STEAM-кластеров выглядела в глазах обучающихся естественной, как это представлено в окружающем мире.

В целом в STEAM-образовании можно обозначить пять направлений интеграции образовательного контента, позволяющих демонстрировать взаимосвязи всех элементов реального окружающего мира:

1. Акцентирование внимания обучающихся на современных исследованиях в различных сферах деятельности человека, особенно на тех, которые проводятся на стыке наук.
2. Демонстрация общности методов, которые используются в самых разных сферах познания.
3. Всестороннее изучение объектов и явлений, теорий, принципов, отражающих интегративность объективного мира.
4. Демонстрация использования процессов, построенных на основе междисциплинарной интеграции, для решения проблем различного масштаба.
5. Комплексное изучение достижений на научно-техническом прогресса.

В любом учебном предмете заложены интегративные связи, что подчёркивает единство окружающего мира [5]. Однако при изучении отдельных тем в большей степени могут быть раскрыты интегративные связи какого-либо определённого учебного предмета или даже STEAM-кластера. Поэтому на STEAM-занятии может быть выделен ведущий учебный предмет, выступающий интегратором, и определены вспомогательные учебные предметы.

Рассмотрим химию как доминирующее проблемное поле в интеграции образовательного контента. Приведём несколько примеров установления интегративных связей, когда предметом - интегратором выступает химия. Химия - одна из важнейших отраслей науки, поскольку служит основой для исследований в области биологии, геологии, астрономии и др. [6].

Для реализации первого направления интеграции образовательного контента в логике STEAM-образования можно предложить следующий алгоритм действий:

1. Фокус на областях знания. Первоначально необходимо научить обучающихся различать смежные области знаний, которые задействованы в решении какой-либо проблемы. Важно незаметно подтолкнуть их к выделению предметных областей. Необходимо определить, какие предметные области нацелены на решение этой конкретной проблемы, какие термины, применимые к ситуации, можно отнести к той или иной предметной области.
2. Необходимость синтеза предметных областей. Нужно найти наиболее убедительное объяснение, почему предметные области должны быть интегрированы для достижения желаемого эффекта, т. е. продемонстрировать ограничения использования в решении данной проблемы отдельно взятой предметной области (почему решение не может быть

построено на монодисциплинарных исследованиях).

В качестве примера междисциплинарного исследования можно привести изучение способов очистки природной среды от твердых отходов и вредных выбросов в атмосферу. Задания, предлагаемые обучающимся: распределить понятия и термины по категориям цикла наук с четкой аргументацией выбора; определить, на каком этапе сфокусированы биологические, географические, химические и физико-математические науки; определить, верны ли бы ли решения по модернизации используемых технологий; выполнить творческое задание - предложить меры по защите живых обитателей экосистем.

Проблемы утилизации пластиковых изделий. Почти во всем, что мы покупаем, можно найти пластик. Все вещи, которые нас окружают, когда-то были упакованы в пластиковую тару. Пластик – это продукт переработки нефти, а его точное название – полиэтилентерефталат. Ежегодно в мире производят и выбрасывают более 13 миллиардов пластиковых бутылок. Чтобы получить 1 миллиард пластиковых бутылок, необходимо переработать 90 миллионов литров нефти.

Часть бутылок удастся собрать и отправить на переработку. Переработанные бутылки используются повторно, но со временем они снова оказываются в окружающей среде. Поэтому утилизация пластика обернулась глобальной экологической проблемой. На разрушение всего одной пластиковой бутылки в природе необходимо 300 лет, а таких бутылок – миллионы тонн.

Ученые нашли решение проблемы. Они обнаружили «пластиковоядную» бактерию *Ideonella sakaiensis*, способную разлагать цепочки полимера на воду и углекислый газ. В ДНК микроба есть два фермента: ПЭФаза и МГЭТ-гидролаза. Первая разлагает пластик на «кирпичики», вторая – расщепляет эти звенья на этиленгликоль и терефталевую кислоту, которыми и питается бактерия. Если добавлять колонии *Ideonella sakaiensis* в мусорные отходы, его разложение ощутимо ускорится. Ученые предполагают, что если искусственно синтезировать ферменты, то можно превратить пластик в воду и углекислый газ.[7, с.9]

Утилизация «севших» батареек. Среднестатистическая семья использует около 18 пальчиковых батареек в год. Ежегодно на свалках городов оказывается несколько миллионов батареек. Одна выброшенная батарейка способна отравить площадь в 20 квадратных метров. В батарейках содержатся тяжелые металлы: ртуть, никель, кадмий, свинец, литий, марганец и цинк. Накапливаясь в живых организмах, они наносят серьезный вред здоровью.

Свинец (Pb) вызывает заболевания мозга и нервной системы. Кадмий (Cd) накапливается в печени, почках, костных тканях и щитовидной железе. Ртуть (Hg) – яд. Она относится к первому классу опасности – «чрезвычайно опасные вещества».

Батарейка, выброшенная в мусор, оказывается на свалке. Она тлеет с другим мусором, а летом может и возгораться. Горящая батарейка выпускает клубы едкого дыма, насыщенного диоксинами. С дождевой водой диоксины попадают в почву, поглощаются растениями и попадают к нам на стол.

Ядовитые вещества из батареек проникают и в водоемы. Рыба и морепродукты, водоросли, питьевая вода – становятся непригодными для употребления. Кипятить такую воду бесполезно, так как диоксины, в отличие от микробов, кипячение не страшно.

Период полураспада диоксинов в окружающей среде составляет 10 лет. Для уничтожения опасных отходов существуют специальные пункты утилизации. Туда, помимо батареек, можно сдать аккумуляторы, ртутные градусники, ртутные лампы, не исправную электронику и лакокрасочные изделия [7, с.16].

Образование озона. Воздух после грозы пропитан специфичным запахом из-за молекул появившегося в нем озона. Озон – это особая форма кислорода. Электрические разряды молнии расщепляют молекулы кислорода (O₂), и одиночные атомы соединяются,

иногда не по два, а по три. Молекула O_3 – это и есть озон. При такой малой концентрации озона в воздухе погибают бактерии и легче дышится.

В чистом виде озон – мощный окислитель, газ голубого цвета с резким «металлическим» запахом. В больших количествах он опасен для живых организмов. Озон раздражает дыхательные пути, вызывая кашель, першение в горле, отечность и тяжесть в грудной клетке. Его обилие в воздухе ведет к патологиям всей дыхательной системы. У самой поверхности Земли озона мало, однако в крупных мегаполисах его концентрация повышается за счет промышленных выбросов в атмосферу и выхлопа автомобилей [8, с.14]

В ходе обсуждения этих заданий подчёркивается комплексность в решении проблем. Обучающиеся оценивают уровень благоустройства в городе; определяют, какая деятельность человека больше всего способствует возникновению отходов; разрабатывают способ механического рециклинга; предлагают методы для восстановления экосистем.

С точки зрения химических наук подчёркивается важность изучения проблемы загрязнения отходами, изучения их свойств, создания современных материалов. Современные достижения химической науки позволяют также производить материалы, которые используются в пищевой промышленности, медицине, изготовлении упаковки, биоразлагаемых шампуней и мыл.

В формировании представления об интеграции различных областей знания уместна демонстрация универсальности методов исследования, которые выступают также доказательной основой и инструментом познаваемости окружающего мира. Можно выделить следующие этапы в описании методов, демонстрирующих интегративный характер окружающего мира:

- мотивационный;
- информационный;
- исследовательский;
- рефлексивный.

Для примера рассмотрим метод хроматографии. Основная цель – показать роль хроматографии в различных областях знания, её практическое применение для решения определённого рода задач и проблем.

На информационном этапе преподаватель сообщает сведения о методе хроматографии. На исследовательском этапе обучающиеся проводят бумажную хроматографию в соответствии с инструкцией, сравнивают результаты с эталонным. В зависимости от возрастных особенностей обучающихся эксперимент можно усложнить и провести хроматографию с целью определения аминокислот, разделения пигментов в листьях.

Это лишь часть экспериментов, которые показывают, что различные виды хроматографии широко используются в самых разных областях: неорганической химии, нефтехимии и горном деле, биохимии, медицине и фармацевтике, пищевой промышленности, экологии.

На этапе рефлексии обучающиеся оценивают эффективность проделанной ими работы. Для этого преподаватель использует различные методы, например эмоциональную рефлексию. Он предлагает обучающимся представить себя частичкой красителя, которая в результате хроматографии «убежала» на определённое расстояние. Обучающиеся перемещают символ частички в ту область «фильтровальной бумаги», которая отражает степень их удовлетворённости после занятия: «неинтересно», «понравилось», «просто супер».

В качестве примера реализации принципа всестороннего изучения объектов и явлений, отражающих интегративность объективного мира этого направления можно привести составление логико-смысловой модели по теме «Кремний». Этот приём позволяет увидеть интегративный характер всего, что нас окружает.

Основой логико-смысловой модели является опорно-узловая система координат с помещёнными на ней ключевыми элементами содержания учебного материала. В виде такой модели можно представить любую тему по любому учебному предмету. Чтобы продемонстрировать обучающимся множество областей знания, которые скрываются за конкретным объектом, предлагаем им в обозначенные координаты (STEAM-блоки) вписать, используя ассоциативный метод, значение кремния в той или иной области знаний. Узловые точки – это понятия, идеи, концепции, которые указывают на связь STEAM-блока и понятия.

Так, понятие «кремний» можно представить в форме, напоминающей кристаллическую решётку этого вещества. Цель составления логико-смысловой модели – сформировать представление о кремнии как об одном из самых распространённых элементов в природе и жизни человека и эволюции использования его в различных сферах деятельности людей.

Чтобы продемонстрировать, что мы живём в мире, где всё взаимосвязано, а не в мире изолированных объектов и явлений, необходимо привести примеры интеграции разных областей знания в повседневной жизни. Обучающимся можно предложить алгоритм рассмотрения реальной жизненной ситуации с целью доказательства интегративного характера объективного мира.

1. Выбор реальной ситуации.
2. Разбивка решения ситуации на ряд задач, соответствующих логике поиска ответа. Задачи ставятся совместно с обучающимися в ходе коллективного обсуждения.
3. Коллективное определение конечной цели – в чём будет заключаться решение этой ситуации.
4. Поиск решения. Для достижения поставленной цели необходимо привлечь к поиску решения всех обучающихся. Например, можно разделить обучающихся на команды, которые будут решать конкретные задачи, т. е. искать ответы на конкретные вопросы. Затем каждая команда представляет результаты исследования. Под руководством преподавателя полученные результаты суммируются и из них извлекается итоговый ответ.
5. Коллективное обсуждение полученных результатов и выдвижение гипотез.
6. Коллективная разработка альтернативного решения.

Комплексное изучение достижений научно-технического прогресса иллюстрирует междисциплинарный анализ изобретений. Обучающимся предлагается описание изобретения и ряд вопросов для проведения его междисциплинарного анализа по алгоритму. В ходе поиска ответов на вопросы обучающиеся приходят к выводу, что для создания изобретения необходима интеграция различных областей знания.

Каждый учебный проект обладает множеством интегративных связей, реализация которых зависит от тематики занятий, методов, форм обучения. Были рассмотрены примеры, в которых учебный предмет «Химия» выступает как ведущий интегратор различных областей знания.

Преимущества внедрения STEM- подхода в образование:

- Интегративный подход – предметы изучаются не изолированно друг от друга, а в тесной связке.
- Практическая направленность – полученные знания готовы к применению в реальной жизни. Каждое усилие приносит конкретный результат, обучающиеся понимают, что и для чего они делают, поэтому педагогам не приходится никого ни к чему принуждать.
- Каждое занятие по программе STEM представляет собой поиск решений какой-либо проблемы, развивает навыки критического мышления. Поэтому затруднительные ситуации в жизни перестают вызывать сильный стресс, а лишь помогают мобилизоваться и найти выход. Умение находить нестандартные решения самых разных вопросов укрепляет уверенность в себе.

- Командная работа развивает коммуникативные навыки, учит искать компромиссные решения, высказывать свою точку зрения и спокойно относиться к мнению других.

- Вовлечение в техническое творчество (и последующая увлеченность им) может стать важным шагом на пути к профессиональному самоопределению.

- Умение мыслить системно, ставить задачи, находить их решения, получать результат – ценный опыт, который к тому же способствует развитию креативного мышления.

Также одним из основных постулатов STEAM-образования является парное обучение в небольших группах. Такой подход предполагает обучение детей сотрудничеству, помогая детям учиться работать в команде, развивать навыки общения, работы в группе.

Во многих странах STEAM-образование в приоритете по следующим причинам:

- В ближайшем будущем в мире будет резко не хватать: IT-специалистов, программистов, инженеров, специалистов высокотехнологичных производств и др.

- В отдаленном будущем появятся профессии, которые сейчас даже представить трудно, все они будут связаны с технологией и высоко технологичным производством на стыке с естественными науками. Особенно будут востребованы специалисты био- и нанотехнологий.

- Специалистам будущего требуется всесторонняя подготовка и знания из самых разных образовательных областей естественных наук, инженерии и технологии.

STEM-образование является своеобразным мостом, соединяющий учебный процесс, карьеру и дальнейший профессиональный рост. Инновационная образовательная концепция позволит на профессиональном уровне подготовить студентов к технически развитому миру.

Исходя из результатов выше изложенных источников, можно сделать вывод о положительном влиянии на образовательную сферу внедренной STEAM – технологии. Благодаря ей общество может рассчитывать на наличие будущих специалистов области цифровой экономики, которые будут двигать колесом прогресса.

Литература

1. Дорофеева А. С. Анализ развития STEAM-образования в России и за рубежом / А. С. Дорофеева. Текст: непосредственный // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: Психолого-педагогические науки. –2020.– № 4 (54). – С. 236–242.

2. Анисимова Т. И. STEAM-образование как инновационная технология для Индустрии 4.0 / Т. И. Анисимова, О. В. Шатунова, Ф. М. Сабирова. Текст: непосредственный // Научный диалог. –2018. –№ 11.– С. 322–332.

3. Аниськин В. Н., Аниськин С. В., Замира Е. В., Янкевич О. А. Использование дидактического потенциала STEM- и STEAM-технологий в решении задач / Текст: непосредственный // Высшее гуманитарное образование XXI века: проблемы и перспективы: материалы Четырнадцатой международной научно-практической конференции, Самара, 09–10 октября 2019 г. Самара, –2019.– С. 19–24.

4. Морозова О. В. STEAM-технологии в дополнительном образовании детей / О. В. Морозова, Е. С. Духанина. Текст: непосредственный // Баландинские чтения.– 2019. –Т. 14, № 1.– С. 553–556.

5. Фатхрахманова Л. Ш. О реализации межпредметных связей в процессе обучения // Химия в школе. - 2019. - № 9. - С. 27-29.

6. Лакарова Е.В. Зачем художнику химия? // Традиционное прикладное искусство и образование. - 2018. - № 1. - С. 55-60.

7. Мартюшева А.В. Химия без преград. Увлекательные научные факты, истории, эксперименты – Москва: Эксмо, –2023. – 224 с.

8. Кендиван О. Д. Практико-ориентированные задания в обучении химии.// Химия в школе. – 2009. – №8.

References

1. Dorofeeva A. S. Analiz razvitiya STEAM-obrazovaniya v Rossii i za rubezhom / A. S. Dorofeeva. Tekst: neposredstvennyj // Izvestiya Baltijskoj gosudarstvennoj akademii rybopromyslovogo flota: Psikhologo-pedagogicheskie nauki. 2020. № 4 (54). S. 236–242.
2. Anisimova T. I. STEAM-obrazovanie kak innovacionnaya tekhnologiya dlya Industrii 4.0 / T. I. Anisimova, O. V. Shatunova, F. M. Sabirova. Tekst: neposredstvennyj // Nauchnyj dialog. 2018. № 11. S. 322–332.
3. Anis'kin V. N., Anis'kin S. V., Zamara E. V., Yankevich O. A. Ispol'zovanie didakticheskogo potenciala STEM- i STEAM-tekhnologij v reshenii zadach / Tekst: neposredstvennyj // Vysshee gumanitarnoe obrazovanie XXI veka: problemy i perspektivy: materialy Chetyrnadcatoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Samara, 09–10 oktyabrya 2019 g. Samara, 2019. S. 19–24.
4. Morozova O. V. STEAM-tekhnologii v dopolnitel'nom obrazovanii detej / O. V. Morozova, E. S. Dukhanina. Tekst: neposredstvennyj // Balandinskie chteniya. 2019. T. 14, № 1. S. 553–556.
5. Fatkhrahmanova L. SH. O realizacii mezhpredmetnykh svyazej v processe obucheniya // Khimiya v shkole. - 2019. - № 9. - S. 27-29.
6. Lakarova E.V. Zachem khudozhniku khimiya? // Tradicionnoe prikladnoe iskusstvo i obrazovanie. - 2018. - № 1. - S. 55-60.
7. Martyusheva A.V. Khimiya bez pregrad. Uvlekatel'nye nauchnye fakty, istorii, ehksperimenty – Moskva: Ehksmo, 2023. – 224 s.
8. Kendivan O. D. Praktiko-orientirovannye zadaniya v obuchenii khimii.// Khimiya v shkole. – 2009. – № 8.