

С.М. Кусаинова, Б.С. Тантыбаева, А. Абылайхан,  
Б.К. Шаихова, А.А. Ережепекова

Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,  
Усть-Каменогорск, Казахстан  
(E-mail: kanoriyanova@gmail.com)

## Использование инновационных методов STEM на уроках химии с реализацией межпредметных связей

**Аннотация.** STEM является интегрированным, межпредметным подходом обучения, в котором академические научно-технические концепции изучаются в контексте реальной жизни. В рамках установок данного метода школьник учится находить решения конкретных задач и создавать прототипы для новых механизмов, техник, программ.

В статье приводится описание исследования, целью которого являлось установление эффективности реализации подхода STEM на уроках химии в 8 классе в рамках обновленного содержания образования по итогам проверки успеваемости учащихся. Результаты показали, что использование STEM-технологий на уроках химии оказало положительное влияние на успеваемость участников эксперимента. Вместе с тем было доказано, что использование STEM повышает мотивацию студентов к изучению и пониманию теоретических и практических аспектов изучаемой темы. Применение метода позволит также установить прочные связи между школой, обществом, работой и целым миром, способствующих развитию STEM-грамотности и конкурентоспособности в мировой экономике.

**Ключевые слова:** обновленная программа, STEM-урок, интеграция дисциплин, межпредметные связи, интегрированный урок, инженерное проектирование.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2023-143-2-212-220>

### Введение

В современном научном и образовательном пространстве видны последствия четвертой технологической революции: высокоскоростные потоки информации, высокотехнологичные инновации и разработки вносят изменения во все сферы жизни современного общества. В динамично развивающемся мире образовательная сфера также претерпевает значительные изменения. На первый план выходят такие ключевые академические области, как наука, математика, технологии и инженерия, которые в современных реалиях объединены общим словом – STEM (science, technology, engineering and mathematics) [1].

Целью такого подхода является создание связей между такими институтами, как школа, общество, наука, деятельность человека и целого мира, которые способствуют развитию грамотности в STEM и конкурентоспособности в мировой науке и экономике.

Все это удовлетворяет требованиям обновленной программы содержания образования Республики Казахстан. Одним из ключевых понятий в программе является изучение отдельных предметов школьной программы в интеграции с другими дисциплинами, то есть важным является реализация межпредметных связей, в частности, на уроках по предметам естественно-научного цикла (химия, биология, география, математика, информатика). Это важное и своевременное дополнение, способствующее усвоению химии не как отдельной самостоятельной дисциплины, а в комплексе с другими общеобразовательными дисциплинами. Такая интеграция естественно-научных дисциплин определяет формирование научного мировоззрения и целостной картины мира [2].

Вопросам изучения межпредметных связей посвящены работы ученых-методистов: И.Д. Зверева, В.Н. Максимовой, А.В. Усовой, В.Н. Федоровой, а также в диссертационных исследованиях С.Н. Бабиной, И.Л. Беленок, М.Н. Берулавы, А.А. Боброва, В.В. Губина, А.И. Гурьева, М.Д. Даммер, В.С. Елагиной, С.П. Злобиной, А.Ф. Зубова, И.С. Карасовой, М.Е. Карнаух, С.А. Крестникова, В.Е. Медведева, И.Б. Николаевой, В.А. Основиной, А.В. Петрова, Р.П. Петровой, М.Ж. Симоновой, С.А. Старченко, Н.С. Файзуллаевой, М.А. Чувьириной, О.А. Яворука, В.Н. Янцена и других.

Проведенный анализ исследований по проблеме межпредметных связей позволяет сделать заключение о том, что в выполненных работах рассматриваются проблемы межпредметных связей в основном между двумя учебными предметами (физики и биологии, физики и химии, физики и математики). Чаще всего за основу реализации межпредметных связей берутся единичные элементы системы научных знаний: факты, явления, процессы, понятия и законы [3].

Вместо изучения отдельных аспектов науки, техники, математики и естественных наук STEM интегрирует эти дисциплины в единую образовательную систему [4].

В литературных источниках вопросы использования подхода STEM при проведении занятий по химии в средней школе в рамках обновленного содержания образования не раскрыты в полной мере. Авторами освещается методика проведения уроков, но при этом недостаточно сведений о результатах практических исследований по данной тематике: кем и когда проводились исследования эффективности занятий с применением STEM, насколько целесообразна и оправдана организация учебного процесса с внедрением описанного подхода.

Учащиеся с помощью STEM—технологий погружаются в творческий процесс, где усваивают новую информацию на основе уже накопленных знаний по отдельным дисциплинам школьного курса. Кроме того, обучающиеся при решении практических или научных задач всегда могут рассчитывать на поддержку преподавателя. В результате, вовлекаясь в эту работу, ученик получает новые знания [5].

Одним из реальных способов повышения мотивации и интереса к изучаемым дисциплинам является предоставление возможности обучающимся творить, заниматься творчеством на уроках. Основной фокус в организации урока состоит в том, чтобы показать, что все самые интересные проекты создаются на стыке наук. Речь идет о проектах, расширяющих представления человека об окружающем мире и улучшающих его жизнь. Одной из базовых установок STEM-урока, которая сегодня остается самой методически сложной и в то же время самой важной, является освоение школьниками практики и методов исследования. Специалисты отмечают, что освоение самого исследовательского подхода и получение такого опыта могут быть важнее, чем конкретное полученное в результате знание. Вторая важная установка — освоение инженерного дела, то есть создание нового в ответ на задачу. В рамках этой установки школьник учится находить решения конкретных задач и создавать прототипы для новых механизмов, техник, программ.

В основу STEM-урока положены принципы инженерного проектирования. Процесс инженерного проектирования представляет собой серию шагов, которые направляют инженерные команды, когда они решают проблемы. Процесс проектирования является

итеративным, что означает, что инженеры повторяют шаги столько раз, сколько необходимо, делая улучшения по мере их изучения из-за сбоя. Двумя ключевыми темами процесса инженерного проектирования являются совместная работа и практический дизайн.

12 основных шагов по планированию STEM-урока:

1. Необходимо подготовить STEM-урок по теме, которая планируется к изучению, то есть отступ от утвержденной учебной программы нежелателен вследствие ограниченных временных ресурсов.

2. Найти связь выбранной темы с реальной проблемой, существующей в мире и обществе. STEM-уроки затрагивают реальные социальные, экономические и экологические ситуации в локальных и глобальных сообществах [6].

3. Четко определить проблему, которая будет ставиться перед учащимися на уроке.

4. Составить регламент требований, которые будут предъявляться к проектам, созданным на занятии. При планировании данного этапа можно опираться на план урока Алисии Лейн по созданию подушек безопасности [7].

5. Изучить основы инженерного проектирования для планирования занятия. Принципы инженерного проектирования (EDP) обеспечивают организованный подход к решению задач STEM. Этот процесс состоит из последовательных этапов, начиная от определения проблемы до создания и разработки окончательного ее решения [8].

6. Составить план урока таким образом, чтобы учащимся было интересно знакомиться с новым материалом для изучения.

7. Занятие по теме должно включать в себя не только подачу нового материала в виде лекции, но и выполнение практических и лабораторных работ, заданий на активизацию мышления и т.д. [9].

8. Мозговой штурм – учащиеся предлагают свои идеи по решению поставленной проблемы с учетом критериев и ограничений. Учащиеся должны понимать, что существует несколько вариантов решения проблемы, нет понятия «единственный верный ответ». Именно этот критерий можно назвать основным отличием между обычным экспериментом, проводимым на лабораторных занятиях, и STEM-уроком.

9. Из списка предлагаемых идей выбрать один, который является наиболее подходящим под созданные ранее критерии отбора и создать прототип готового решения.

10. Протестировать созданный прототип и оценить, насколько эффективно он решает поставленную проблему.

11. Обобщить полученные результаты, совместно с группами учащихся принять решение о том, какой из представленных прототипов оказался наиболее эффективным и по каким причинам.

12. Рестайлинг или изменение прототипа, усовершенствование.

### Методология исследования

Целью исследования было выбрано установление эффективности реализации подхода STEM на уроках химии в 8 классе в рамках обновленного содержания образования по итогам проверки успеваемости учащихся.

В ходе исследования была выдвинута гипотеза о том, что использование метода STEM на уроках химии позволит повысить эффективность учебного процесса и позволит ориентировать обучающихся в процессе обучения на активное управление творческим процессом на основе принципов партнерства [10]. Исследование было проведено в форме квази-эксперимента и состояло из нескольких этапов, обязательным требованием при этом стало осуществление предварительного и итогового контроля знаний обучающихся. Схема проведения исследования представлена на рисунке 1.

Участники эксперимента были выбраны из числа учащихся 8 классов нескольких параллелей Назарбаев Интеллектуальной школы химико-биологического направления

г.Усть-Каменогорска, общее количество участников эксперимента - 60 человек. Участники были разделены на две группы: контрольную и экспериментальную, в каждую группу входили участники с низким и высоким уровнем знаний по результатам предварительного тестирования. Учащиеся, входящие в контрольную группу, должны были изучить темы занятий в традиционном формате в течение 3 часов. Участники экспериментальной группы изучали темы в формате совмещения 1 часа теоретического обучения и 2 часов использования STEM-технологий.

### Обсуждение

Результаты показали, что использование STEM-технологий на уроках химии оказало положительное влияние на успеваемость участников эксперимента. Учащиеся экспериментальной группы, имели значительно более высокие показатели знаний, чем учащиеся контрольной группы. Более того, эффект STEM различался в зависимости от уровней начальных знаний учащихся на предварительном тестировании, группа с низким уровнем знаний получила положительный эффект, который был выше, чем у группы традиционного формата обучения. Результаты учебного опыта показали, что использование STEM повышает мотивацию студентов к изучению и пониманию теоретических и практических аспектов изучаемой темы. Уровень знаний оценивался с помощью 15 вопросов с несколькими вариантами ответов по темам раздела «Скорость химических реакций» для исследования влияния применения STEM-технологий на успеваемость учащихся. Студенты получали по одному баллу за каждый правильный ответ и ноль за неправильный ответ. Сравнение результатов до и после тестирования показано в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение средних показателей знаний экспериментальной и контрольной группы на предварительном и итоговом тестировании

Этап	Экспериментальная группа			Контрольная группа
	$\bar{x}, \pm SD$			
	Низкая успеваемость	Высокая успеваемость	Итого	$\bar{x}, \pm SD$
Предварительное тестирование	4.80±1.71	8.93±0.88	6.04±2.43	6.27±1.79
Итоговое тестирование (пост-тест)	10.97±1.36	13.87±0.64	11.84±1.79	9.24±1.76

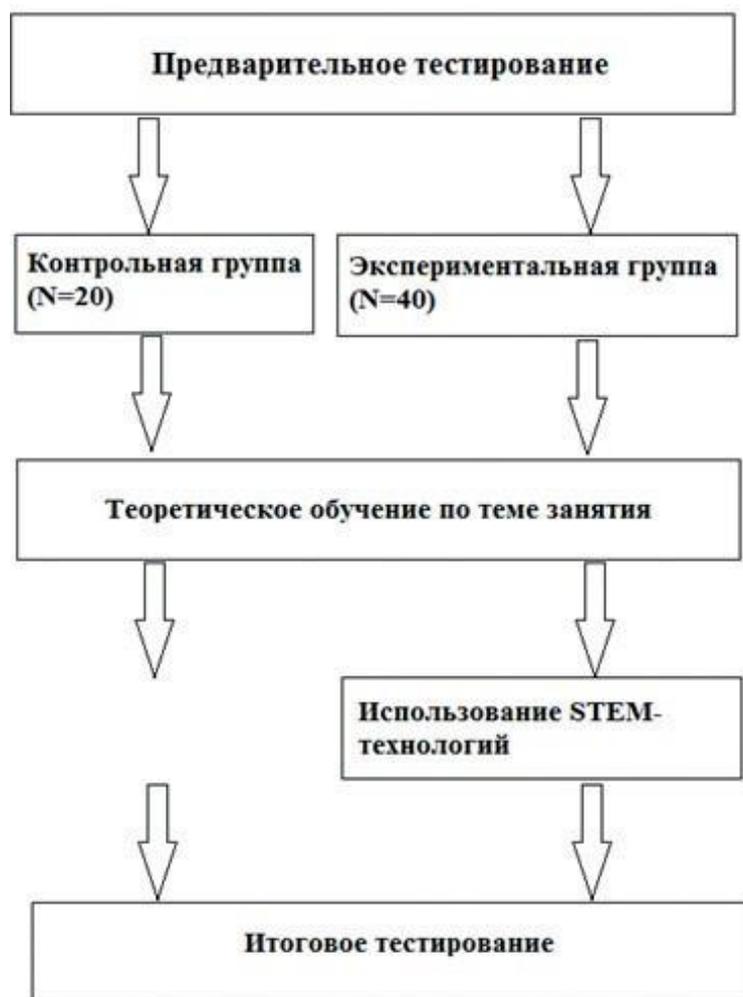


Рисунок 1. Схема квазиэксперимента

Результат влияния использования STEM-технологий при обучении химии на успеваемость учащихся показан на рисунке 2. Средние баллы знаний учеников до и после тестирования в экспериментальной группе составили 6,04 и 11,84 балла соответственно. В контрольной группе средние баллы знаний учеников до и после тестирования составили 6,27 и 9,24 соответственно. Анализ t-теста парных выборок для экспериментальной группы и контрольной группы показал, что средние баллы знаний учеников после тестирования для обеих групп были значительно выше, чем баллы до тестирования ( $P < 0,01$ ). Кроме того, средний балл знаний учеников после тестирования в экспериментальной группе был значительно выше, чем в контрольной группе, которая увеличилась на 28,14 % ( $P < 0,01$ ). Чтобы изучить влияние STEM-технологий на успеваемость учащихся с различными начальными знаниями, выборки экспериментальной группы были разделены на две группы на основе результатов предварительного тестирования: группы с низким ( $N = 20$ , баллы перед тестированием 0-7) и высоким ( $N=10$ , баллы перед тестированием 8-15) уровнем знаний, которые показаны на рисунке 3. Результат показал, что показатели знаний каждой группы значительно возросли ( $P < 0,01$ ). На группу с низким уровнем знаний повлияло использование STEM, которое было выше, чем в группе с высоким уровнем знаний, показатель знаний учащихся группы с низким уровнем знаний увеличился с 4,80 при предварительном тестировании до 10,97 в итоговом тестировании, увеличение было больше, чем в группе с высоким уровнем знаний на 24,90 %.

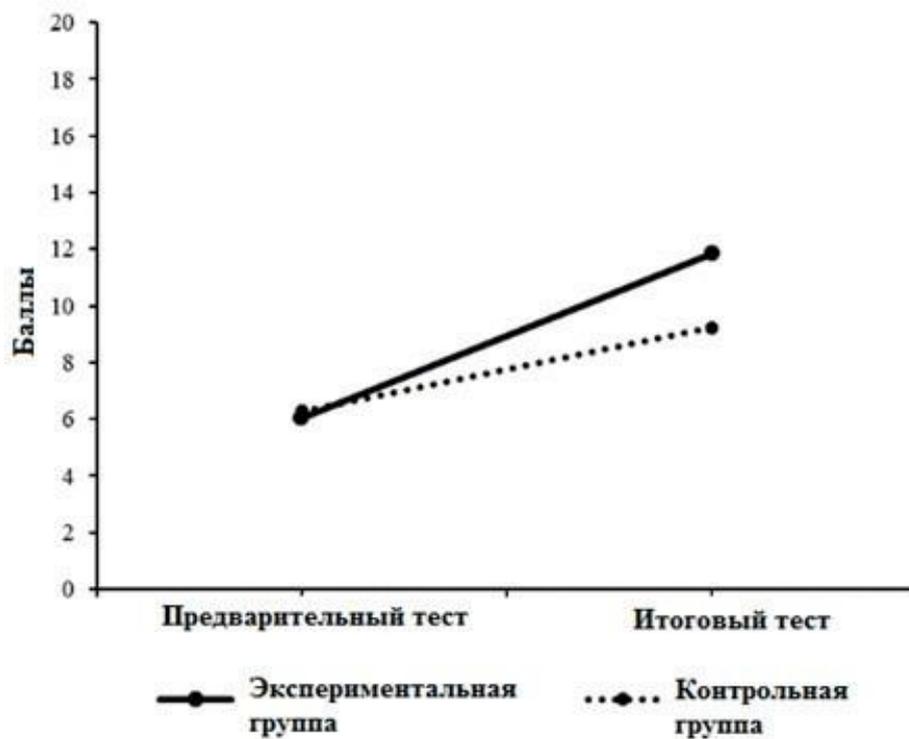


Рисунок 2. Сравнение средних показателей знаний экспериментальной и контрольной группы на предварительном и итоговом тестировании

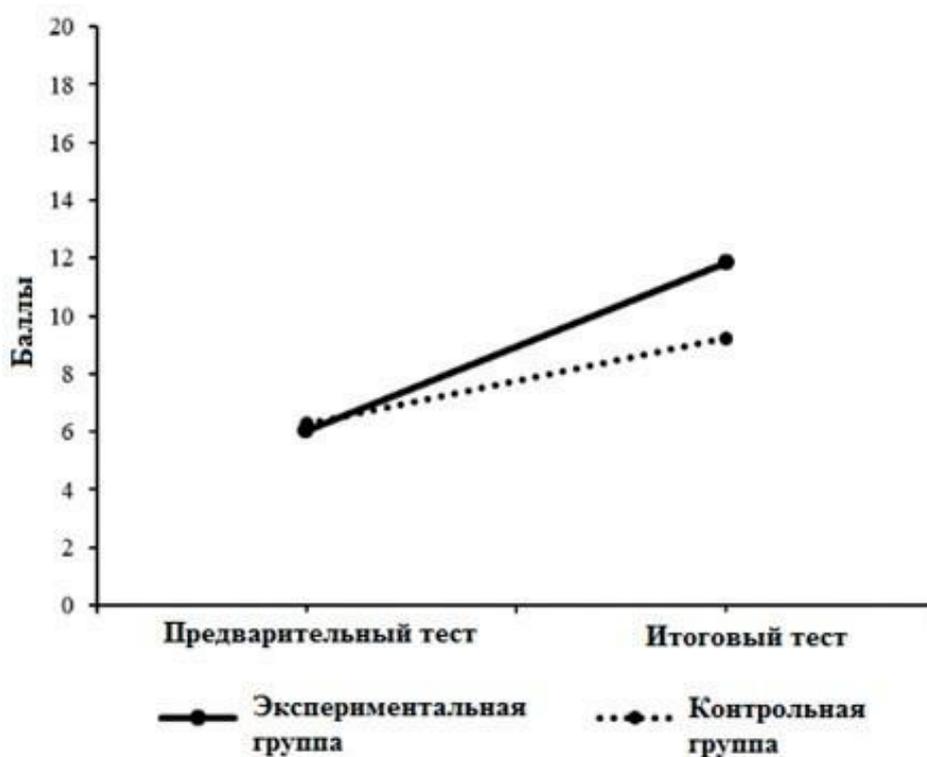


Рисунок 3. Сравнение средних показателей знаний до/после тестирования групп с низким и высоким уровнем знаний в экспериментальной группе

## Результаты

Результаты этого исследования показали, что применение STEM-технологий на занятиях по химии оказало положительное влияние на успеваемость. Независимые выборки t-теста показали, что учащиеся, изучавшие темы в формате совмещения 1 часа теоретического обучения и 2 часа использования STEM-технологий, имели более высокие показатели знаний, чем учащиеся, которые учились только по традиционной методике. Эффект STEM в химии различался в зависимости от начальных знаний (предварительное тестирование), группы с низким уровнем знаний получили положительное влияние больше, чем группы с высоким уровнем знаний.

Эти результаты свидетельствуют о том, STEM-технология потенциально может стать эффективным инструментом для изучения химии.

## Выводы

STEM – междисциплинарный и проектный подход к обучению, который позволит школьникам усилить исследовательский и научно-технологический потенциал, развивать навыки критического, инновационного и творческого мышления, решения проблем, коммуникации и командной работы. Именно поэтому данный метод может быть применен на уроках химии с целью создания устойчивых межпредметных связей с другими дисциплинами в рамках обновленной программы содержания образования, а также улучшить понимание учебного материала и успеваемость обучающихся. Применение метода STEM позволит также установить прочные связи между школой, обществом, работой и целым миром, способствующих развитию STEM-грамотности и конкурентоспособности в мировой экономике.

## Список литературы

1. Ногайбаева Г. Развитие STEM-образования в мире и Казахстана. [Электрон. ресурс] – URL: <https://iac.kz/ru/publishing/razvitie-stem-obrazovaniya-v-mire-i-kazahstane> (дата обращения: 12.05.2022).
2. STEM-подход в образовании: идеи, методы, практика, перспективы [Электрон. ресурс] – URL: <http://edu4future.by/article/rezultaty-issledovaniya-stem-podhod-v-obrazovanii> (дата обращения: 12.05.2022).
3. Рахматуллин М.Т. Межпредметные связи физики, химии и биологии при изучении фундаментальных естественно-научных теорий в профильной школе: автореферат... канд. пед. наук. – Челябинск, 2007. – 211 с.
4. Musaeva V. The main issues of teaching the kyrgyz language and literature as the main STEM of multilingual education. – Бишкек : Alatau studies, 2016. – Б. 123-127.
5. Konyushenko S.M., Petrushchenkov V.A., Zhukova, M.S. STEM-based approach in education. – Moscow: Russian and foreign educational practices, 2017. – С. 663–664.
6. Jolly A. 12 Steps to Great STEM Lessons [Электрон. ресурс] – URL: <https://www.middleweb.com/4328/12-steps-to-great-stem-lessons/> (дата обращения: 12.05.2022).
7. Madlung A. The chemistry behind the air bag. – Iowa: Journal of Chemical. – 1996. – С. 347-348.
8. Emily D.R. Five Things the Best STEM Lesson Plans Have in Common [Электрон. ресурс] – URL: <https://everfi.com/blog/k-12/five-things-the-best-stem-lesson-plans-have-in-common/> (дата обращения: 12.05.2022).
9. Winangun M.M, Fauziah D. Designing lesson plan of Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) education in science learning , - Yogyakarta: Journal of Physics: Conference Series, Volume 1318, Seminar on Advances in Mathematics, Science and Engineering for Elementary School. – 2018. – С.1-7.
10. Morse N.V., Khladun M.A., Dzyuba S.N. The formation of key and subject competences of students by means of robotic stem education. – Киев: Information technologies and learning tools. – 2018. – С. 99–102.

С.М. Кусаинова, Б.С. Тантыбаева, А. Абылайхан, Б.К. Шаихова,  
А.А. Ережепекова

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

### Пәнаралық байланыстарды іске асыра отырып, химия сабақтарында STEM инновациялық әдістерін қолдану

**Аңдатпа.** STEM-бұл академиялық ғылыми-техникалық тұжырымдамалар нақты өмір контекстінде оқытылатын интеграцияланған, пәнаралық оқыту тәсілі. Осы әдіс аясында оқушы нақты мәселелердің шешімін табуы және жаңа механизмдер, техникалар, бағдарламалар үшін прототиптер құруды үйренеді.

Мақалада зерттеудің сипаттамасы келтірілген, оның мақсаты оқушылардың үлгерімін тексеру нәтижелері бойынша жаңартылған білім мазмұны аясында 8-сыныпта химия сабақтарында STEM тәсілін жүзеге асырудың тиімділігін анықтау болды. Нәтижелер химия сабақтарында STEM технологияларын қолдану экспериментке қатысушылардың үлгеріміне оң әсер еткенін көрсетті. Сонымен бірге, STEM қолдану студенттердің зерттелетін тақырыптың теориялық және практикалық аспектілерін оқуға және түсінуге деген ынтасын арттыратыны дәлелденді. Бұл әдісті қолдану әлемдік экономикадағы STEM сауаттылық пен бәсекеге қабілеттіліктің дамуына ықпал ететін мектеп, қоғам, жұмыс және бүкіл әлем арасында берік байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** Жаңартылған бағдарлама, STEM-сабақ, пәндер интеграциясы, пәнаралық байланыстар, интеграцияланған сабақ, инженерлік жобалау.

S.M. Kussainova, B.S. Tantybayeva, A. Abylaikha, B.K. Shaikhova, A.A. Yerezhepekova  
Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

### Use of STEM innovative methods in Chemistry lessons with the implementation of intersubject communications

**Abstract.** STEM is an integrated, interdisciplinary learning approach in which academic scientific and technical concepts are studied in the context of real life. Within the framework of the installations of this method, the student learns to find solutions to specific problems and create prototypes for new mechanisms, techniques, programs.

The article describes a study aimed at establishing the effectiveness of the implementation of the STEM approach in chemistry lessons in 8th grade as part of the updated content of education based on the results of checking the progress of students. The results showed that the use of STEM technologies in chemistry lessons had a positive impact on the academic performance of the participants of the experiment. At the same time, it has been proven that the use of STEM increases the motivation of students to study and understand the theoretical and practical aspects of the topic being studied. The application of the method will also make it possible to establish strong links between school, society, work and the whole world, contributing to the development of STEM literacy and competitiveness in the global economy.

**Keywords:** updated program, STEM lesson, integration of disciplines, interdisciplinary communication, integrated lesson, engineering design.

### References

1. Nogaibayeva G. Razvitie STEM-obrazovaniya v mire I Kazakhstane [Development of STEM education in the world and Kazakhstan]. Available at: <https://iac.kz/ru/publishing/razvitie-stem-obrazovaniya-v-mire-i-kazahstane> (accessed 12.05.2022).
2. STEM-podkhod v obrazovanii: idei, metody, praktika, perspektivy [STEM approach in education: ideas, methods, practice, prospects] Available at: <http://edu4future.by/article/rezultaty-issledovaniya-stem-podkhod-v-obrazovanii> (accessed 12.05.2022).
3. Rakhmatullin M.T. Mezhpredmetnye svyazi fiziki, himii I biologii pri izuchenii fundamentalnykh estestvennonauchnykh teorii v profilnoi shkole [Interdisciplinary connections of physics, chemistry and

biology in the study of fundamental natural science theories in a specialized school]: avtoreferat... kand. ped.nauk, (Chelyabinsk, 2007, 211 p.), [in Russian].

4. Mussayeva V. The main issues of teaching the Kyrgyz language and literature as the main STEM of multilingual education, Bishkek. Alatau studies, 2016. P. 123–127.

5. Konyushenko S. M., Petrushchenkov V. A., Zhukova, M. S. STEM-based approach in education, Russian and foreign educational practices, 2017. P. 663–664.

6. Jolly A. 12 Steps to Great STEM Lessons. Available at: <https://www.middleweb.com/4328/12-steps-to-great-stem-lessons/> (accessed 12.05.2022).

7. Madlung A. The chemistry behind the air bag, Iowa: Journal of Chemical Education. 1996. P. 347–348.

8. Emily D.R. Five Things the Best STEM Lesson Plans Have in Common. Available at: <https://everfi.com/blog/k-12/five-things-the-best-stem-lesson-plans-have-in-common/> (accessed 12.05.2022).

9. Winangun M.M, Fauziah D. Designing lesson plan of Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) education in science learning. Yogyakarta: Journal of Physics: Conference Series, Volume 1318, Seminar on Advances in Mathematics, Science and Engineering for Elementary School. 2018. P.1-7.

10. Morse N. V., Khladun, M. A., Dzyuba, S. N. The formation of key and subject competences of students by means of robotic stem education , - Kiev: Information technologies and learning tools. 2018. P. 99–102.

### Сведения об авторах:

**Кусаинова С.М.** – автор для корреспонденции, докторант, Восточно-Казахстанский университет имени С.Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

**Тантыбаева Б.С.** – доцент кафедры химии, кандидат педагогических наук, Восточно-Казахстанский университет имени С.Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

**Абылайхан А.** – PhD, Евразийский национальный университет им. Гумилева, Астана, Казахстан.

**Шаихова Б.К.** – кандидат педагогических наук, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

**Ережепекова А.А.** – докторант, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

**Kusainova S.M.** – **corresponding author**, Ph.D. student, S.Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

**Tantybayeva B.S.** – Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, S.Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

**Abylaykhan A.** – Ph.D., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

**Shaiknova B.K.** – Candidate of Pedagogical Sciences, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

**Erezhepeкова A.A.** – Ph.D. student, S.Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.