

ИЗГРАЖДАНЕ НА КОМПЕТЕНЦИИ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА STEM ОБУЧИТЕЛНИ РЕСУРСИ У БЪДЕЩИ УЧИТЕЛИ ПО ПРИРОДНИ НАУКИ

Доц. д-р Евгения Горанова,
проф. д.н. Валентина Войноховска,
проф. д-р Ангел Скрикаров
Русенски университет „Ангел Кънчев“

Резюме. Статията представя подход за изграждане на компетенции за разработване на STEM ресурси у бъдещи учители от специалностите „Педагогика на обучението по физика и информатика“ и „Педагогика на обучението по математика и информатика“. Провокирана е от потребността още при обучението си във висшето училище бъдещите учители да са запознати с концепцията на STEM обучението и да са подготвени за създаване STEM ресурси и уроци, като прилагат синергетично придобитите компетенции от обучението по природни и педагогически дисциплини. Разглежда се идея за дигитализиране на физичен експеримент, с което се прилага изследователски подход към създаването на такива ресурси. Чрез участието на студентите при изграждане на такъв ресурс се стимулира творческата им активност и се формират техните компетенции за генериране и реализиране на STEM идеи при предстоящата им професионална реализация.

Ключови думи: STEM обучение; изследователски подход; STEM ресурси

Увод

Според Световния икономически форум най-важното работно умение през XXI век е „решаването на комплексни проблеми“. Комплексни проблеми се решават чрез синергетично прилагане на компетенции, придобити в различни научни области. Образователната практика показва, че в областта на природните и техническите науки придобиването на такива компетенции се осъществява чрез STEM обучението.

„STEM обучението се разглежда като обучение от ново измерение, иновативен и интерактивен метод, който образува учениците и поддържа интереса им към природните науки, математиката, технологиите и инженерството.“

Идеята за STEM обучението в България е регламентирана от МОН през 2020 г. с Националната програма за „Изграждане на училищна STEM среда“ (Hristov 2023). Тя е представена в Стратегическата рамка за развитие на образованието, обучението и ученето в Република България (2021 – 2030) в приоритетна област *б. Образователни иновации, дигитална трансформация и устойчиво развитие* (Strategic Framework for the Development of Education, Training and Learning in the Republic of Bulgaria (2021 – 2030) 2024). Приоритетът има за цел в българското училище да се „подобри образователната среда чрез създаване на училищни и извънучилищни STEM центрове“.

Съобразно тази стратегия в много училища вече са изградени такива центрове, с което се осъществи промяна в образователната среда. Неясни остават обаче:

- регламентът на организацията на STEM изследователската работа – само в извънкласни форми с избираем характер или в STEM уроци със задължителен характер;

- по каква учебна програма да се извършва обучението – регламентирана от МОН или създадена на училищно ниво;

- по какви критериите да се изгражда необходимото учебно съдържание;

- как да се подготвят учителите да създават и преподават такова учебно съдържание.

Обобщения отговор на тези въпроси на база на сега прилаганата практика можем да сведем до следното: прилагат се двете форми на обучение – извънкласна и класно-урочна; учебните програми се създават от училищата на база на оборудването в STEM центровете; в класно-урочната форма учителите провеждат единични STEM уроци, за които се създават временни екип от учители по природни науки, математика и информационни технологии; екипите генерират STEM идеи, които обединяват най-много два учебни предмета; учебното съдържание на тези уроци е тясно свързано с учебното съдържание по учебните предмети, които учителите от екипа преподават; използват се електронни ресурси, свободно разпространявани в облачното пространство.

На базата на констатираната почти масова практика като водещи се оформят два проблема: 1) подготовката на учителите да реализират STEM обучение; 2) изграждане на учителски и дигитални компетенции за генериране на STEM идеи и създаване на STEM ресурси за тяхното реализиране.

Подготовка на учителите за реализиране на STEM обучение

Подготовката на учителите за реализиране на STEM обучение в България следва примера на други държави (Финландия, Великобритания, Италия, Австралия), в които STEM обучението на учители не е въведено масово във висшите училища, а се организира в мрежи от центрове и е подпомагано от

университети и от неправителствени организации. Обучението на учители в тези държави се извършва в следдипломна подготовка.

Предвид актуалността на проблема много държави се опитват да увеличат броя на завършилите наука, технологии, инженерство и математика (STEM), за да подпомогнат развитието на индустриите (Beloev 2020). Студентите в Малайзия и Тунис са сред най-склонните да завършат специалност STEM според статистиката на ЮНЕСКО. Други държави със силен дял на завършилите STEM са Обединените арабски емирства и Южна Корея, докато Западна Европа и САЩ имат по-нисък брой.

В България автономността на висшите училища дава свобода в подготовката на студентите бъдещи учители за концепцията на STEM обучението. Няма единни държавни изисквания, с изпълнението на които да се гарантира, че студентите от професионално направление „Педагогика на обучението по... (математика, физика, информатика др. природни науки)“ ще притежават компетенции да извършват STEM обучение в професионалната си реализация. Въпреки това работодателите в училищата очакват точно тези новопостъпили учители по природни науки да са носители на иновативни подходи за реализиране на STEM обучение.

Ето защо закономерно възниква проблемът как още във висшето училище бъдещите учители да бъдат подготвени за това предизвикателство.

Една такава възможност е привличане на студентите в съвместни научни разработки с преподаватели от висшето училище и популяризиране на резултатите в научни конференции (Doncheva 2017; Shoilekova 2022). Този вариант обаче не води до масови резултати в подготовката на студентите. Друга възможност е поставянето на творчески курсови задачи за самостоятелна работа, като се използва проектният метод, а темите се обвързват със STEM обучението. Тази възможност е добре работещ вариант, предвид дублетния характер на специалностите – „Педагогика на обучението по физика и информатика“ и „Педагогика на обучението по математика и информатика“. Така студентите ще могат да прилагат придобитите компетенции от обучението си в двете направления и да ги интегрират за решаването на реален изследователски проблем. Друг възможен вариант е вмъкването на изследователски теми, запознаващи студентите с концепцията на STEM обучението, в някои от учебните дисциплини и създаване на конкретни STEM ресурси.

Който и от вариантите да се избере (или комбинацията от тях), подготовката на бъдещите учители преминава през следните етапи:

- запознаване с концепцията на STEM обучението;
- намирането на проблеми от реалния живот, свързани със STEM;
- интегриране на компетенции от двете или трите направления – физика, математика и информатика;
- създаване на ресурс, подходящ за STEM обучение;
- създаване на план-сценарий за приложението му с ученици.

Концепция за прилагане на изследователски подход при дигитализирането на физичен експеримент на тема „Определяне на фокусното разстояние на събирателни лещи“

След запознаване с концепцията за STEM обучението студентите се мотивират да използват проектно базирано подход за провеждане и дигитализиране на експеримент на тема „Определяне на фокусното разстояние на събирателни лещи“. Елементи от тази тема са застъпени в учебния предмет физика и астрономия за VII клас (Physics and Astronomy Curriculum for Grade VII 2024). Проблемът в реалния живот може да се използва във физиката и в медицината при определяне на диоптър D като реципрочна стойност на фокусното разстояние ($D = 1/f$).

Тъй като целта на занятието е свързана с изграждане на компетенции за създаване на STEM уроци, всички студенти участват във всички етапи.

Компетенциите от областта на **физиката** са свързани с подготовката и провеждането на реален експеримент в следната последователност.

– *Теоретична постановка на задачата:* фокусното разстояние f на тънка леща, когато са известни разстоянието a от предмета до лещата и разстоянието b от лещата до образа, може да се определи по основната формула за събирателни лещи.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \text{ откъдето } f = \frac{a \cdot b}{a + b} \quad (1)$$

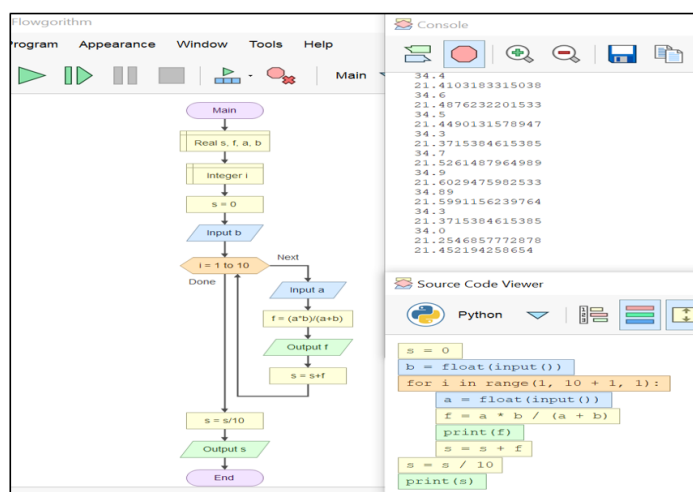
– *Опитна установка:* задачата се решава с помощта на оптична релса, върху която се поставят екранът, лещата и предметът (например запалена свещ), така че центровете им да лежат на една права.

– *Дейности:* оптичната ос на лещата трябва да бъде успоредна на релсата. Лещата или екранът се движат, докато се получи ясен образ на предмета върху екрана. Измерва се разстоянието a от лещата до предмета и разстоянието b от лещата до екрана (образа). Нанасят се данните в таблица 1. След това по формула (1) се изчислява фокусното разстояние. Извършват се най-малко 10 измервания при различни стойности на a и от получените стойности за f се взема средната аритметична.

Преди и по време на експеримента се правят снимки на опитната установка и се заснема видео на процеса на намиране на фокусното разстояние. Видео-филмът е подкрепен с дикторски текст за извършваните дейности. Използването на такива мултимедийни елементи в електронни уроци доказано повишава ефективността на учебното съдържание (Goranova 2015; Ralev 2022).

Компетенциите от областта на **математиката** са свързани с изчисляване на фокусното разстояние f за всеки от опитите и с пресмятане на средноаритметичната му стойност. За изчисляване на всеки опит може да се използва програмата Flowgorithm. С нея се създава блок-схема на цикличен алгоритъм. Алгоритъмът натрупват в сумата s стойностите на f_i за всеки опит. След

това се пресмята средноаритметичната стойност от десетте опита с различни стойности на разстоянието a (от предмета до лещата). На изхода се извежда средноаритметичната стойност на фокусното разстояние, както е показано на фиг. 1. Приложението показва входните и изходните данни, и трансформира алгоритъма в програмен код на избран от потребителя език. Считаме, че най-подходящ е програмният език *Python*, тъй като той е познат на учениците от прогимназиалният етап на обучението от учебния предмет компютърно моделиране и информационни технологии (Computer Modeling and Information Technology Curriculum for Grade VII 2024). Данните се попълват в таблица 1.



Фигура 1. Цикличен алгоритъм и програма на *Python* с приложението Flowgorithm

Дигиталните компетенции са свързани със създаването на електронните образователни обекти – текстове, изображения, видеофайл, създаване на алгоритъм и програма за изчисляване на фокусното разстояние f . Тук се изисква правилно определяне на типовете на входните и изходните данни, изграждането на цикличната структура за известен брой повторения (10) и последователността на операторите в алгоритъма.

Таблица 1. Средноаритметична стойност

№	a [cm]	b [cm]	f [cm]
1	34.5	56.7	21.45
2	34.4	56.7	21.410
3	34.6	56.7	21.487

4	34.5	56.7	21.45
5	34.3	56.7	21.371
6	34.7	56.7	21.526
7	34.9	56.7	21.602
8	34.89	56.7	21.599
9	34.3	56.7	21.371
10	34.0	56.7	21.254
		Ср. аритм. f	21.452

Дигитализирането на описания експеримент се осъществява с облачното приложение на Microsoft Sway, с което се създава електронен урок, подходящ за синхронно и асинхронно обучение, включително и при обучение от разстояние в електронна среда. Картите, които се използват в платното на Sway, са текстови, графични, мултимедийни, модифицирани по различните възможни начини – групиране на графични обекти, сравнения на графични обекти, използване на QR кодове за достъп с мобилни устройства, вграждане на други дигитални инструменти чрез хипервръзки. Задават се настройки на създадения електронен урок – дизайн, достъп на потребители до урока и начин на презентиране.

Създаване на план-сценарий за реализирането на STEM урок пред ученици

След като вече студентите са осъществили проекта, трябва да се подготвят за неговото реализиране пред ученици. Ето защо те изграждат план-сценарий, който включва следните етапи.

- Определяне на целевата аудитория – ученици от VII клас. Учениците да са запознати с концепцията на STEM обучението.
- Форматът е STEM урок с продължителност 2 или 3 астрономически часа.
- Осигуряване на необходимите за физичния експеримент установки и материали и инструкции.
- Разпределяне на обучаваните в екипи, които отговарят за приложението на компетенциите за всяка от научните области – физика, математика и информационни технологии.
- Проверка на изправността на уредите или работоспособността на софтуерните продукт от конкретния екип.
- Реализиране на дейностите от всеки от екипите под ръководството на учителя (студента).
- Интегриране на учебните обекти в електронен урок. Тази дейност се извършва от студента и се подпомага от учениците.
- Тестване на работоспособността на електронния урок, осъществяване на необходимите настройки за синхронно и асинхронно предоставяне към потребителите.

Резултати

Участието на студентите бъдещи учители в създаването на STEM урок за изчисляване на фокусното разстояние на събирателни лещи:

- ангажира техния изследователски потенциал;
- запознава ги с концепция на STEM обучението;
- дава им пример за проблем, свързан с реалния живот, за решаването на който са необходими компетентности по повече от две научни направления;
- поставя ги в ситуация да интегрират компетенциите си, получени от трите направления – физика, математика и информатика, като използват дигитални инструменти за оптимизиране и популяризиране на изследователската работа, както е обобщено на фиг. 3;
- създава у тях практически компетенции за изграждане на ресурси, подходящи за STEM обучение, и план-сценарий за реализиране на STEM идеята пред ученици.



Фигура 2. Интегрирано приложение на компетенции от три научни области за изграждане на STEM идея

Заклучение

От етапите на предложения подход става ясно, че за неговото осъществяване са използвани математическите, физическите и дигиталните компетенции на студентите, придобити от следните учебните дисциплини: „Методика и техника на физичния експеримент“; „Компютърно моделиране“; „Програмиране“; „Информационни и комуникационни технологии в обучението и работа в дигитална среда“; „Разработване на уроци за обучение в дигитална среда“. Придобитият от проекта опит подготвя бъдещите учители да изградят свои банки със STEM идеи и ресурси, които да обхващат колкото се може повече научни направления.

Изследователска работа може да бъде продължена с рефлексивна дейност, с която студентите да формулират критерии и показатели за (само)оценка на създаденото от тях учебно съдържание и да обработват статистическите резултати. По този начин в проектния подход ще бъдат включени компетенции от учебните дисциплини „Методика на обучението по...“ и „Вероятност и статистика“.

Представеният подход е авторска идея как у бъдещите учители по природни науки да се изградят компетенции за създаване STEM ресурси и по този начин да се запълни липсата от дидактика на STEM обучението, за която вече е време.

Благодарности и финансиране

Това проучване е финансирано от Европейския съюз – NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект № BG-RRP-2.013-0001-C01.

Acknowledgments & Funding

This study is financed by the European Union – NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project № BG-RRP-2.013-0001-C01.

REFERENCES

- BELOEV, H.; SMRIKAROV, A.; IVANOVA, A.; VASSILEV, T.; GEORGIEV, T.; SMRIKAROVA, S.; IVANOVA, G.; STOYKOVA, V.; IBRYAMOVA, E.; ALIEV, Y. & ZLATAROV, P., 2020. *A Vision of the University of the Future. Proceedings of the 21st International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech '20)*, 307 – 312. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- DONCHEVA, J., 2017. Principles of training in line with the new thinking and action, SEA – Conf., 3 International Conference, Naval Academy, Constanta, no. 3, pp. 74.
- HRISTOV, G.; BELOEV, I.; ZAHARIEV, P. & GEORGIEV, G., 2023. The role of the universities as accelerators for the integration of the STEM learning methods in the primary and secondary schools. *Strategies for Policy in Science & Education-Strategii na Obrazovatelnata i Nauchnata Politika*, no. 4s, pp. 74 – 88, doi: 10.53656/str2023-4s-6-rol.
- RALEV, I.; KRASTEV, G., 2022. Application of OpenCV in serious games. *2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, pp. 484 – 487, doi: 10.1109/ISMSIT56059.2022.9932804.
- SHOILEKOVA, K.; IVANOVA, B., 2022. The Necessity of Information Extraction from Big Data Systems for the Purpose of Business Process

Optimization. *Computer Science On-line Conference CSOC 2022*, pp. 48 – 54, doi: 10.1007/978-3-031-09070-7_5.

STRATEGIC FRAMEWORK for the Development of Education, Training and Learning in the Republic of Bulgaria (2021 – 2030), [online] [viewed 29 April 2024]. Available from: https://www.navet.government.bg/bg/media/strategicheska-ramka_obrobuuchene_110321-1.pdf.

COMPUTER MODELING AND INFORMATION TECHNOLOGY CURRICULUM FOR GRADE VII, [online] [viewed 29 April 2024] Available from: https://www.mon.bg/nfs/2023/11/up_vii_kmit.pdf.

PHYSICS AND ASTRONOMY CURRICULUM FOR GRADE VII [online] [viewed 29 April 2024] Available from: 2024, https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_vii_fizika.pdf.

BUILDING COMPETENCIES TO DEVELOP STEM LEARNING RESOURCES FOR FUTURE TEACHERS IN NATURAL SCIENCES

Abstract. The article presents an approach to building pedagogical and digital competencies for developing STEM resources in future teachers from the Pedagogy of Physics and Informatics and Pedagogy of Mathematics and Informatics degree courses. It was provoked by the need for future teachers to be familiar with the concept of STEM education and to be prepared to create STEM resources and lessons already in their higher education. For this purpose, students must synergistically apply the acquired competences from studying natural and pedagogical disciplines. An idea to digitize a physical experiment is considered, taking a research approach to the creation of such resources. Through the students' participation in building such a resource, their creative activity is stimulated. Their competences for generating and realizing STEM ideas in their upcoming professional realization are formed.

Keywords: STEM education; research approach; STEM resources

✉ **Prof. Dr. Evgenia Goranova**
ORCID iD: 0009-0006-6239-0173

✉ **Prof. Dr. Angel Smrikarov**
ORCID iD: 0000-0002-5609-6297

✉ **Dr. Valentina Voynokhovska, Assoc. Prof.**
ORCID iD: 0000-0001-5700-8167

University of Ruse “Angel Kanchev”
8, Studentska St.
7000 Ruse, Bulgaria

E-mail: egoranova@uni-ruse.bg
asmrikarov@ecs.uni-ruse.bg
vvoinohovska@uni-ruse.bg