

<https://doi.org/10.53656/ped2025-4.05>

Research Insights
Изследователски проникновения

STEM ОБУЧЕНИЕ НА СТУДЕНТИ ПЕДАГОЗИ В ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНА ОБРАЗОВАТЕЛНА СРЕДА

**Проф. д.н. Любен Витанов, проф. д-р Николай Цанев,
гл. ас. д-р Людмила Зафирова, гл. ас. д-р Гергана Христова,
ас. Катерина Динкова, Калина Георгиева,
Жорж Кюшев, Здравка Савчева**

Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Статията разглежда ефективността на автентичните STEM проекти за повишаването на мотивацията, академичните резултати и важни преносими умения на студентите педагози, като критично мислене, инициативност и предприемчивост и умения за работа в екип. Разглеждат се основните характеристики на STEM обучението, като интегралност и автентичност, както базираното на проекти обучение. Структурирани и апробирани са автентични STEM интегрални проекти и резултати от тяхното прилагане в обучението на студентите. Анализът на ефективността на приложения експериментален подход се извършва по пет показателя и включва тестови задачи, автентично оценяване със структурирано наблюдение. Данните показват ефективността на използваните автентични трансдисциплинарни STEM проекти в обучението на студентите педагози. Тя се реализира в по-високи резултати при академичните STEM постижения, мотивацията, инициативността и предприемчивостта, и макар и значително по-малки и при подобряване уменията за работа в екип. Не се установи повишаване критичното мислене на студентите след експерименталната работа.

Ключови думи: STEM; автентично обучение; трансинтеграция; проектно базирано обучение; студенти педагози

Увод

Все повече образователни политики се насочват по-активно и системно към STEM обучението като важен фактор и ефективен подход за решаване на редица нови обществени предизвикателства, като преодоляване проблемите на отлива от природонаучното и инженерното обучение, подготовка на специалисти с интердисциплинарни умения, преодоляване на проблемите с лип-

сата на умения за трансфер на знания, формиране на умения на 21. век и др.¹ (Roehrig et al. 2021; McLure et al. 2023).

STEM подходът играе решаваща роля за постигането на много от целите на ООН до 2030 г., насочени към устойчиво развитие за справяне с глобалните проблеми и гарантиране на мир, просперитет и качество на живот за всички². Това очертава все по-нарастващата необходимост от систематизиране на иновативни подходи, които да подготвят студентите педагози да придобият компетентности за преподаване, като използват ефективни STEM подходи.

По-ефективното усвояване на знания и умения в областта на методиката на обучението по природни науки, математика и технологии и предприемачество се надгражда с усвояване на интегрирано учебно съдържание, повече креативност, умения за трансфер и увеличава професионалната компетентност на студентите. Бъдещите учители придобиват и важните нагласи за прилагане на „дизайнерски умения“ за ефективно STEM обучение (Lupión-Cobos et al. 2023), при което се формират компетентности, които ще позволят на учениците да прилагат успешно „иновативни решения за решаване на важни проблеми на обществото и света“³.

Опит и добри практики

Много изследвания показват необходимостта STEM обучението да бъде по-широко и системно прилагано в обучението на учителите във висшите училища. Посочват се необходимостта от модерни курсове на обучение, позитивните нагласи и „високата заинтересованост“ на студентите към прилагането на иновативни STEM подходи (Pavlova & Toncheva 2022).

Изследвания „показват положителното отношение на началните учители към преподаването на STEM“ въпреки съществуващите различни проблеми и трудности, включително „ресурсното осигуряване и специфичните методически изисквания“ (Alexieva & Mircheva 2023).

Разглеждат се и проблемите на „закъсняването и изоставането“ на университетите от училищното STEM обучение и необходимостта от въвеждането на стандарти, „базирани на бизнес, предприемачество, наука и технологии във висшето образование“ (Zahariev et al. 2023). Нещо повече, излагат се аргументи за задължително специализирано STEM обучение за бъдещите преподаватели (Boyanov 2023).

Изследват се също и широките възможности на STEM подхода за подобряване ефективността на подготовката на бъдещите учители по изграждане на „компетенции за създаване на STEM ресурси“, както и умения за „генериране и реализиране на STEM идеи в предстоящата им професионална реализация“ (Goranova et al. 2024).

Други проучвания показват и важната роля на „връзката и трансфера на знания между изследователите, работещи в центрове за върхови постижения,

учителите от средните училища и университетските преподаватели“ за подобряване ефективността на STEM обучението (Atanasova & Todorova 2021).

Анализирана е и важната роля на „научноизследователското обучение“, „ученето, базирано на проучване“, експерименталната работа, както и работата по „учебни проекти“ като ключови подходи в ефективното STEM обучение на студентите бъдещи учители, включително и по технологии и предприемачество (Mitova & Zoneva 2024).

Всичко това ни дава основание да смятаме, че по-систематичното, но балансирано използване на иновативни практики в обучението на студентите педагози ще доведе не само до по-ефективната им академична подготовка, но и до формирането им като лидери в обучението на 21. век.

Интегрални STEM взаимодействия

STEM обучението по-динамично и системно обвързва обучението по технологии и предприемачество, природни науки и математика. В процеса на преподаване и учене се създават както разнообразни самостоятелни предметни приоритети, така и множество взаимодействия, проекти, проучвания, практическо инженерство, базирано на приложна математика, и научно-обосновани изследователски подходи⁴.

STEM обучението създава интегрален образователен комплекс с множество и разнообразни взаимодействия, трансфер на компетентности и работа по теми в различен образователен контекст. Този комплекс реализира не толкова интегрирано учебно съдържание, колкото иновативен подход за ефективно преподаване и учене по технологии, инженерство, природни науки и математика (Lupi3n-Cobos et al. 2023).

Повечето изследвания доказват ефективността на STEM като „интердисциплинарен подход към ученето“, при който учениците прилагат разнообразни знания и умения по „наука, технологии, инженерство и математика в различен контекст“ (Hallinen 2021). Той е достатъчно полезен, когато се базира на приложно интегриране на технологичния и инженерния дизайн с концепциите и практиките на природонаучното и/или математическото обучение (Sanders 2012; Drake 2012).

Интегрираният STEM подход се реализира на различни равнища, определяни като „мултидисциплинарни“, „интердисциплинарни“ и „трансдисциплинарни“ (Burke & Lehane 2023). В мултидисциплинарния подход обучението се организира около една обща тема, като задачите и практическите дейности се реализират в отделните STEM учебни дисциплини. При интердисциплинарните подходи се преподават и усвояват общи понятия и концепции в различните дисциплини. Така се създават възможности те да се изследват и разглеждат в различни ситуации и приложения, „което позволява да се изследват общи черти и различия“, така че „нови знания или уме-

ния, научени в контекста на един предмет, могат да се приложат в контекста на друг предмет“ (Burke & Lehane 2023). Трансдисциплинарната интеграция се развива отвъд отделните учебни предмети, като реализира трансфер на знания и умения при работа по проекти, решаване на реални проблеми и други практически дейности (Vasquez, Comer & Gutierrez 2020, pp. 11 – 22). Нещо повече, STEM интеграцията се определя като „сливане“ в процеса на усвояване на знания, умения и концепции в контекста на учебните програми (Drake 2012).

Автентичен STEM подход на обучение

Автентичното преподаване и учене се определят като ключова характеристика на STEM подхода в обучението (Roehrig et al. 2021). Те са насочени към представяне и относително продължителна работа по проучване и решаване на реалистични практически задачи и поставят усвояването на знания и умения в условия на бъдещи възможности за трансфер и полезност (Herrington, Reeves & Oliver 2014).

Като част от активното учене, автентичното STEM обучение е насочено към по-високи нива на преподаване и усвояване на знания, умения и нагласи (Singer, Montgomery & Schmoll 2020), тясно свързани с проектно и проблемно базираното обучение, когнитивно чиракуване, ситуирано обучение, работа в конструктивистка учебна среда, съвместно решаване на проблеми и др. (Rule 2006).

Автентичното учене насочва фокуса „върху проблеми от реалния свят за дълъг период от време“ и може да подобри както мотивацията, така и представянето на учащите се (Beier et al. 2019).

Изследвания установяват, че студентите, участващи в автентични проекти и задачи, са мотивирани да бъдат по-упорити, по-волеви и последователни в своята работа (Lombardi & Oblinger 2007).

В проучванията са изведени някои важни характеристики на автентичното обучение: автентичност на съдържанието, автентичност на задачата, въздействие на автентичността и личностно значима автентичност (Roach et al. 2018; Strobel et al. 2013).

STEM проекти

Както е отбелязано в статията, работата по проекти реализира най-високите и сложни нива на интеграция – трансдисциплинарните STEM взаимодействия. Трансдисциплинарността се проявява като „критично“, „експанзивно“ и „възникващо“ „надхвърляне на обединяването на две или повече дисциплини“, при което се включва „синергичната и рефлексивна връзка“, „нововъзникващ феномен“, усвояване на нов тип компетентности, репрезентативни и епистемични практики и др. (Takeuchi et al. 2020; Lesseig et al. 2023).

Работата по проекти е основен метод на активното, ориентирано към ученика учене. Проектите включват студентите в автентични практически и смислени дейности (Condliffe et al. 2016, p. 6), които ги ангажират относително продължителен период да проучват, търсят решения на съществуващи проблеми, да размишляват, да генерират идеи, да оценяват критично, да променят и в крайна сметка да създадат публичен продукт (Grossman et al. 2019). В този процес най-често те работят сложни, широко формулирани проблеми, задачи с ограничения както при инженерния дизайн, насочват се към сътрудничество и се стремят да използват разнообразни концепции в технологиите за изграждане на „скеле“ (Guo et al. 2020). Така създаването на продукт като артефакт, модел, макет, табло, състезание, фестивал, презентация, реферат и др. се превръща в основен компонент на STEM проекта.

Ключов елемент от работата по проекти е „централният въпрос“, проблемна задача, казус и др., който може ефективно да „организира и енергизира“ дейността на студентите (Borich 2017, p. 341). Централният въпрос може да включва редица инструкции, с по-широки възможности за избор, генериране на идеи и решения. Така студентите могат да избират различни начини на проучване, изследване, търсене и структуриране на информация, опитно-изследователски процедури, решения на проблеми, създаване на разнообразни артефакти и други продукти.

STEM проектите включват активно практически дейности за пренос, трансфер на знания и компетентности. В тях студентите често се сблъскват с наддисциплинарни въпроси и концепции, които трябва да използват за решаване на автентични проблеми. Така те не само пренасят и прилагат много от своите знания и умения в нова среда, но усвояват и нови знания, преживявания и непосредствен опит.

В този смисъл, проектно базираното обучение е по-широкообхватно и често е съставено от множество проблеми и предизвикателства, които студентите трябва да решат (Han et al. 2014), което изисква и сложни организационни и фасилитаторни умения на тези, които ги обучават.

Хипотеза

Включването на студентите в автентични трансдисциплинарни STEM проекти ще повиши мотивацията и академичните им постижения, както и няколко важни за тяхната професионална подготовка преносими умения, като инициативност и предприемчивост, умения за работа в екип и критично мислене.

Обект на изследването е обучението на студентите педагози от специалност „Предучилищна и начална училищна педагогика“, редовно обучение по методика на обучението по технологии и предприемачество, природни науки и математика.

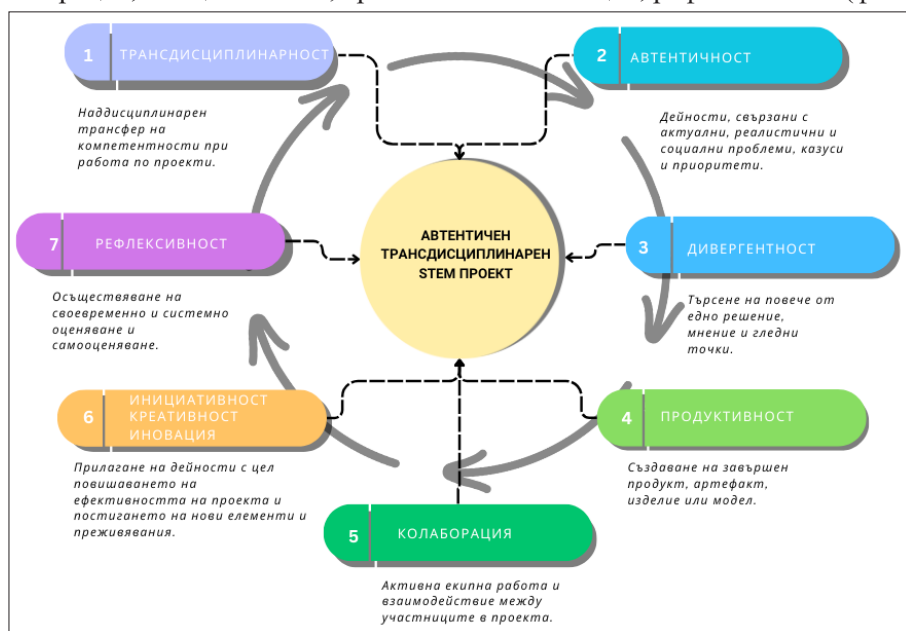
Предмет на изследването са възможностите на STEM обучението за академичните постижения, мотивацията, инициативността и предприемчивост-

та, уменията за работа в екип и критичното мислене на студентите педагози от специалност ПНУП, 3. курс, редовно обучение.

Дизайн на изследването

Изследването е структурирано върху няколко важни методически разбирания, базирани, адаптирани, видоизменени и допълнени от доказани в педагогическата теория и практика характеристики на STEM обучението на студентите педагози.

Те включват методическа основа от седем интегрирани методически приоритета: трансдисциплинарност; автентичност; дивергентност; продуктивност; колаборация; инициативност, креативност и иновация; рефлексивност (фиг. 1).



Фигура 1. Методическо скеле на автентични трансдисциплинарни STEM проекти на студенти педагози

Трансдисциплинарност. Студентите прилагат и пренасят разнообразни знания и умения от обучението по природни, технологични, инженерни и математически дисциплини при работа по проекта. Въпреки че основната интеграция е трансдисциплинарна, се осъществяват и отделни между- и интердисциплинарни дейности, като се реализират нови компетентности и перспективи. Така се реализира активно взаимодействие в условията на продължителен трансфер на знания и умения между учебните дисциплини в интегриран на различни равнища STEM подход.

Автентичност. Автентичността е насочена към работа по проекти, планирани около теми, задачи и дейности от учебните програми на учениците от началните класове, които студентите ще преподават като бъдещи учители. Те са стимулирани да добавят в тези проекти реалистични, социално обвързани проблеми, казуси, приоритети или други дейности, в които прилагат теоретични знания и умения.

Дивергентност. Темата, проблемите и казусите в проекта се представят в широк контекст. Студентите сами определят и разпределят основните свои задачи, проучвания и дейности, като разглеждат проекта от различни гледни точки, търсят решения и перспективи в различен контекст. В процеса на работа те са стимулирани да използват и различни източници на информация, да осъществяват разнообразни самостоятелни проучвания, да проявяват креативност към търсене на повече от едно решение, различни интерпретации и тълкуване.

Продуктивност. Всички задачи и дейности в проектите са насочени към създаване на завършен интегрален продукт, артефакт. Често студентите планират и представят сложни динамични модели, действащи машини, апарати и модули, съоръжения и образци, опитно-изследователски постановки и процедури, конструкции, макети и др.

Колаборация. Решаването на задачи и проблеми, разработването на ефективни продукти се случват в колаборация и активно екипно взаимодействие. Студентите работят в малки екипи от 4 – 6 човека, формирани по тяхна инициатива и решения. Екипите се формират по инициатива и организация от самите тях в рамките на потока.

Инициативност, креативност и иновация. Работата по проекта предвижда креативна, иновативна за методическата единица педагогическа идея за промяна в дизайна или акцентите на проекта. Студентите са стимулирани да прилагат различни от предвидените в целите и очакваните резултати на ученическите проекти дейности, които да повишат тяхната ефективност или да добавят нови автентични елементи и преживявания.

Рефлексивност. В процеса на работа по автентични задачи се планират и осъществяват системно оценяване и самооценяване. Студентите имат широки възможности за размисъл, осъзнаване и осмисляне на усвоените компетентности в процеса на работа по проекта. Те се включват последователно в когнитивна и афективна рефлексия, осмислят своите бъдещи възможности, планират корекции и промяна (Gibbs 1988).

Организация на изследването. В експерименталната работа участват 69 студенти от специалност „Предучилищна и начална училищна педагогика“, които работят по добавени в учебните програми за семинарни и практически упражнения по методика на обучението по технологии и предприемачество, природни науки и математика автентични STEM проекти.

Структурирани са 15 проекта: „Колелата в помощ на човека“, „Ценната хартия“, „Пестене на енергия“, „Органи на движението“, „Органи на дишането“, „Рециклиране на отпадъци“, „Фестивал на опаковките“, „Български носии“, „Силата на въздуха“, „Подвижен мост“, „Хранене на растенията и животните“, „Въздушен винт“, „Жилища на животните“, „Моторна лодка“, „Силата на вятъра“.

Студентите работят по тези проекти в екипи, формирани по тяхна инициатива. Работата по проекта продължава три седмици с 20 учебни часа и повече от 10 часа самостоятелни извънаудиторни проучвания, подготовка на материали и др. Работата се предхожда от специализиран курс по методиката на STEM обучението от 6 лекционни часа.

След запознаването с темата студентите са насочени да планират своята работа по проекта, като определят основните цели, направят проучвания и се запознаят детайлно с темите в учебниците на учениците и разработките по темите от книгите за учителя.

В следващите часове са организирани и проведени общи и специализирани по отделните учебни дисциплини консултации по проектите. В продължаващата работа студентите работят самостоятелно, като правят проучвания, планират, събират и систематизират разнообразна информация и др. Важна част от тяхната работа е подготовката на практическата част на проекта, която включва динамични модели, макети, опитно-изследователски постановки и демонстрации, табла и постери, работни листа и методически материали за ученици и др.

Проектите са представени, дискутирани и оценени от екип от преподавателите и студенти в два учебни дни.

Резултати от изследването

Ефективността на работата по автентичните STEM проекти е оценена по пет критерия: академични постижения, мотивация, инициативност и предприемчивост, умения за работа в екип, критично мислене. В тях се структурират по три или общо петнадесет показателя за три равнища: високо – студентите са усвоили основните знания и са формирали умения; студентите допускат отделни грешки и имат трудности в уменията за трансфер на знания и умения; студентите допускат съществени грешки в усвояване методиката на преподаване в STEM проектно организирана образователна среда.

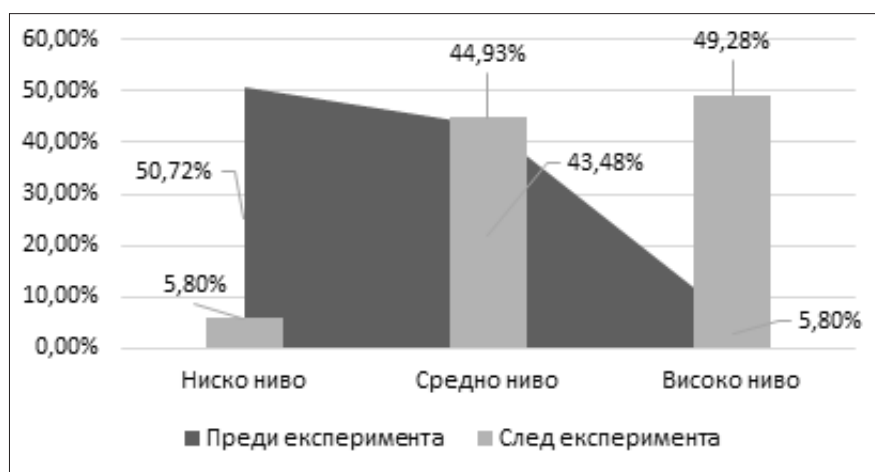
Използвани са тестови задачи, работни листове и организирано автентично структурирано наблюдение.

Проведени са две диагностични процедури – в началото на STEM обучението и в края на работата по автентичните трансдисциплинарни проекти.

Академични STEM постижения. Проверени са основните знания за STEM обучението, неговата същност, методически характеристики и възможности.

Анализът на резултатите потвърждава, че работата по STEM проекти допринася за по-доброто разбиране на този подход на обучение. Почти половината студенти (49,28%) показват високи знания за същността и основните характеристики на това обучение – автентичност, интегралност и практическа ориентация. Точно определят основните подходи, методи и техники на обучение, които могат ефективно да прилагат. Показват разбиране за основните компетентности, които формират малките ученици, както и различните равнища на STEM интеграция. Отлично са усвоени и разбиранията за този подход като широко поле за приложение на проектно базирано обучение с практическа трансинтегрална ориентация. Тези резултати са изненадващо високи, защото традиционните академични резултати след лекции и упражнения нарастват средно с 20 – 25%. Така разликата от почти 40% след експеримента е много вдъхновяваща за нашето изследване.

Студентите, в средните нива, показват пропуски и отделни грешки представяват 44,93% от изследваната група, докато тези в ниските нива на академични постижения са 5,80% (фиг. 2).



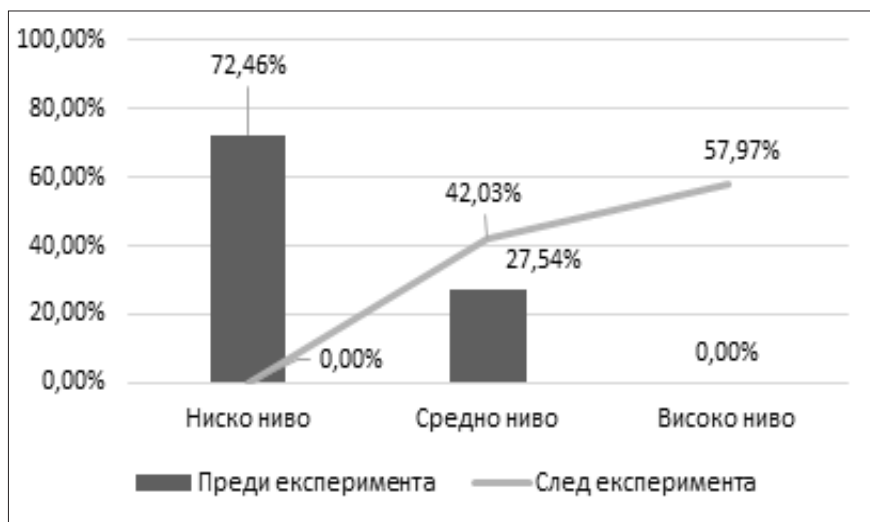
Фигура 2. Академични постижения на студентите от експерименталните групи

Мотивация. Диагностицирана е мотивацията на студентите в няколко направления, като са използвани структурирано наблюдение в девет от упражненията и анализ на самостоятелната работа по проекта. По време на наблюдението са проучвани интересът на студентите към проекта и задачите, стремежът за допълнителна информация, въпросите, интересът към

проектно базирания подход на обучение и др. като част от тяхна мотивация за учене.

Резултатите показват, че по-голямата част (57,97%) от тях увеличават своята мотивация за учене по време на работата по проектите. Студентите проявяват повече интерес към методическата и специализираната литература по темата.

Мотивацията на участниците в експеримента се изразява и в повишен интерес към различните варианти на проектно базираното обучение, към работата на другите екипи и към предишни проекти на студенти педагози. Тези резултати са отново удивителни, защото показват ръст по този показател от почти 60% в сравнение с резултатите, отчетени в началото на експеримента. Останалите 42,03% от студентите проявяват средни нива на мотивация за работа и учене. Данните от изследването (0%) не дават информация за наличие на студенти с липса на мотивация за учене и работа по автентичните трансдисциплинарни STEM проекти, което също е доказателство за ефективността на проведения педагогически експеримент (фиг. 3).

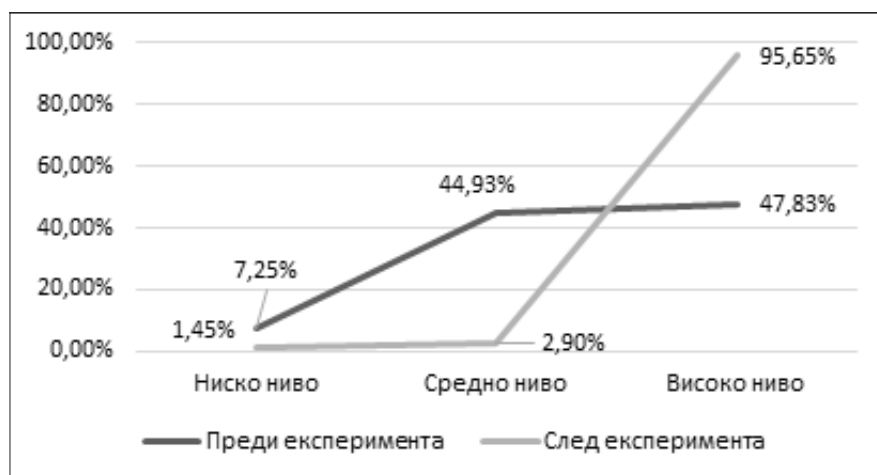


Фигура 3. Мотивация за учене на студентите от експерименталните групи

Инициативност и предприемчивост. Студентите увеличават и своята активност и инициативност. Почти всички (95,65%) участват по-активно и системно в планирането, дискусиите, генерирането на идеи. Голяма част се стремят към повече и по-разнообразни проучвания, свързани с проекта, включително и международен педагогически опит. Много от екипите

разширяват планираните по проекта дейности и работят целенасочено за тяхното постигане. Предприемачески идеи се формират активно и при практическите дейности по автентичните трансдисциплинарни STEM проекти, където се зараждат много и ефективни идеи за модели, конструкции, научни експерименти и др. И тук резултатите са изключително обнадеждаващи, като показват почти 50% увеличение на инициативността и предприемчивостта на студентите.

Минимална част от тях – 2,90%, проявяват обичайната си инициативност, а само 1,45% не проявяват инициативност и предприемчивост и следват планираните от екипа дейности (фиг. 4).

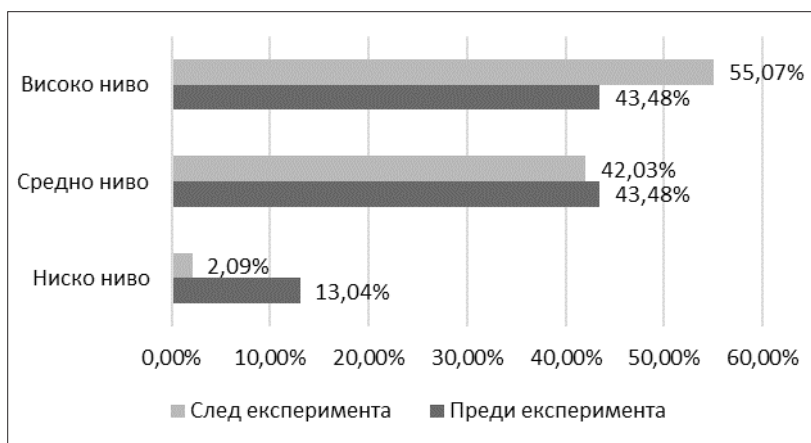


Фигура 4. Инициативност и предприемчивост на студентите от експерименталните групи

Умения за работа в екип. Очаквано работата по проектите увеличава уменията на студентите за работа в екип. Основната част от тях – 55,07%, участват активно в съвместните дейности, разпределят балансирано и ефективно задачите помежду си. В продължение на работата по проекта те си взаимодействат, подкрепят се и си оказват взаимна помощ. Много от тях коментират съвместните си търсения и преживявания.

Отчита се като неочаквано постижение стремежът за личен принос на студентите за успешно реализиран проект както в процеса на проучване, така и при създаване на STEM артефакти. Високо ниво на колаборация се проявява и при представяне на проекта с взаимно допълване, корекции, изясняване и др. Въпреки това ръст в постиженията на студентите по този показател се отчита при едва около 12% от студентите.

При 42,03% от студентите развитието на уменията за работа в екип остава на същото ниво както в началото на експеримента, т.е. около средното ниво. Причината за този резултат е, че груповата работа, като форма на обучение, е широко използвана в учебната работа и по трите учебни дисциплини, залегнали в основата на автентичните трансдисциплинарни STEM проекти (дидактика на математиката; дидактика на родинознанието, човекът и природата и човекът и обществото; дидактика на техниката и технологиите) и студентите разполагат с предварителна подготовка във връзка с приложението на тази форма за работа. Минимална част от екипите – 2,90%, изолират и дори изключват от своята работа студенти, които не проявяват достатъчна съпричастност към работата по STEM проекта, тъй като се стремят към добро представяне и се опасяват тези техни колеги да не ги провалят (фиг. 5).

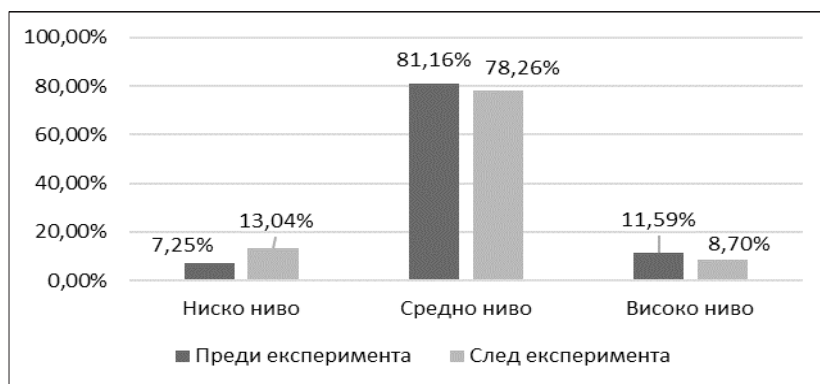


Фигура 5. Умения за работа в екип на студентите от експерименталните групи

Критично мислене. За съжаление, студентите не показват по-високи резултати в критичното си мислене. В резултат на проведените наблюдения се забелязват недостатъчно прояви на методическа любознателност по отношение на работата с книгите за учителя и учебниците на учениците. В част от проектите се отчита стремеж към добре изглеждащи, готови образци, модели, но те в различна степен отговарят на изискването за автентично създадени STEM артефакти. Възможна причина за този резултат е липсата на системно насочване към критичното мислене по време на реализацията на проектите от преподавателите фасилитатори.

Отделни студенти не проявяват и очакваната любознателност и не задават критични въпроси. Нещо повече, не се отчете и увеличаване на уменията

да търсят доказателства, решения и да разграничават методически факти от твърдения (фиг. 6).



Фигура 6. Критично мислене на студентите от експерименталните групи

Заклучение

Автентичните трансинтегрални STEM проекти са успешно внедрени в обучението на студентите педагози. В непосредствената експериментална практическа работа успешно са апробирани 15 техни варианта.

Резултатите от апробацията показват, че този подход води до значимо (45 – 50% в различните показатели) увеличаване на мотивацията, инициативността, предприемчивостта и академичните резултати. При уменията за работа в екип се установява увеличение със средно 12%.

Това дава основания да смятаме, че предложените автентични трансдисциплинарни STEM проекти са успешна педагогическа стратегия в университетското обучение, която може да бъде използвана за подобряване ефективността на обучението на студентите от всички педагогически специалности.

Благодарности и финансиране

Това изследване е финансирано от Европейския съюз – NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект № BG-RRP-2.004-0008-C01“ „Софийски Университет – Маркер за иновации и технологичен трансфер (SUMMIT)“, дейност 3.4. „Научни изследвания с потенциал за иновации или трансфер на знания/интелектуална собственост“, за проект № 70-123-198 от 12.02.2024 г. на тема „Проучване, апробиране и анализ на прилагането на иновативни подходи в обучението на студенти и ученици от 1. до 4. клас – II етап“.

БЕЛЕЖКИ

1. INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING EDUCATORS ASSOCIATION (ITEEA), 2020. Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education. Reston, VA: Author. www.iteea.org/STEL, ISBN 978-1-887101-11-0.
2. EDUCACIÓN, U.O. & NG, S.B., 2019. Exploring STEM competences for the 21st century. UNESCO International Bureau of Education: Geneva, p. 5.
3. EDUCACIÓN, U.O. & NG, S.B., 2019. Exploring STEM competences for the 21st century. UNESCO International Bureau of Education: Geneva, p. 8.
4. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2020. STEM education for the future. A visioning report. Alexandria, Virginia, USA: NSF.

ЛИТЕРАТУРА

- АЛЕКСИЕВА, Л.; МИРЧЕВА, И., 2023. STEM обучение в началните класове: Готови ли са учителите? *Педагогика*, Т. 95, № 7, с. 897 – 916, ISSN: 0861–3982 (Print), 1314–8540 (Online).
- ГОРАНОВА, Е.; ВОЙНОХОВСКА, В.; СМРИКАРОВ, А., 2024. Изграждане на компетенции за разработване на STEM обучителни ресурси у бъдещи учители по природни науки. *Стратегии на образователната и научната политика*, Т. 32, № 5, с. 152 – 160. ISSN: 1310–0270 (Print), 1314–8575 (Online).
- ЗАХАРИЕВ, А.; СИМЕОНОВ, С.; ТОДОРОВА, Т., 2023. От STEM към BEST: два стандарта, една цел. *Стратегии на образователната и научната политика*, Т. 31, № 4, с. 89 – 100, ISSN: 1310–0270 (Print), 1314–8575 (Online).
- МИТОВА, Д.; ЗОНЕВА, Л., 2024. Експериментът в учебния проект по технологии и предприемачество като форма на изследователско обучение. *Knowledge: International Journal*, Т. 64, № 2, с. 399–403, ISSN 2545–4439, ISSN 1857 – 923x.
- ПАВЛОВА, Н.; ТОНЧЕВА, М., 2022. Нагласи на бъдещите детски учители към STEM подхода. *Педагогика*, Т. 94, № 8, с. 1053 – 1063, ISSN: 0861–3982 (Print), 1314–8540 (Online).
- ATANASOVA, D.; TODOROVA, D., 2021. The role of interinstitutional cooperation for the quality of stem-oriented higher education, *Proceedings of University of Ruse*, vol. 60, no. 9.1, pp. 22 – 26, ISSN 1311-3321.
- BEIER, M. E.; KIM, M. H.; SATERBAK, A.; LEAUTAUD, V.; BISHNOI, S.; GILBERTO, J. M., 2019. The effect of authentic project-based learning on attitudes and career aspirations in STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 56, no. 1, pp. 3 – 23.
- BORICH, G., 2017. *Effective Teaching Methods: Research-Based Practice*. London: Pearson, ISBN-13: 9780135791707 (2021 update).

- BOYANOV, N., 2023. Multidisciplinary Methodology in Regular Classes Using a Physical STEM Product. *Science Series-Innovative STEM Education*, vol. 5, pp. 184 – 192, ISSN: 2683-1333.
- BURKE, P. & LEHANE, P., 2023. *Conceptualising curriculum integration: A synthesis of theory, research and practice*. Ireland: National Council for Curriculum and Assessment.
- CONDLIFFE, B.; VISHER, M. G.; BANGSER, M. R.; Drohojowska, S. & SACO, L., 2016. *Project-based learning: A literature review*. New York, Ny: Mdr.
- DRAKE, S. M., 2012. *Creating Standards-Based Integrated Curriculum: Aligning Curriculum, Content, Assessment, and Instruction*. Corwin Press. ISBN-13: 978-1412915069.
- GIBBS, G., 1988. *Learning by doing: a guide to teaching and learning methods*. Oxford: Further Education Unit, Oxford Polytechnic, ISBN 978-1-873576-87-0.
- GROSSMAN, P.; DEAN, C.; KAVANAGH, S. & HERRMANN, Z., 2019. Preparing teachers for project-based teaching. *Phi Delta Kappan*, vol. 100, no. 7, pp. 43 – 48.
- GUO, P.; SAAB, N.; POST, L. S. & ADMIRAAL, W., 2020. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of educational research*, vol. 102, no. 101586.
- HAN, J.; KELLEY, T.; BARTHOLOMEW, S. & KNOWLES, G., 2020. Sharpening STEL with integrated STEM. *Technology and engineering teacher*, vol. 80, no. 3, pp. 24 – 29.
- HAN, S.; CAPRARO, R. & CAPRARO, M., 2014. How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 13, no. 5, pp. 1089 – 1113.
- HERRINGTON, J.; REEVES, T.C. & OLIVER, R., 2014. Authentic Learning Environments. In: SPECTOR, J., MERRILL, M., ELEN, J., BISHOP, M. (eds) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York, NY: Springer. pp. 401 – 412, ISBN: 978-1-4614-3184-8.
- LESSEIG, K.; SLAVIT, D.; & SIMPSON, A., 2023. Transdisciplinary STEM: Examples of Student Thinking within Nonformal Learning Experiences. *Education Sciences*, vol. 13, no. 5, p. 435.
- LOMBARDI, M. M.; OBLINGER, D. G., 2007. Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, vol. 1, no. 2007, pp. 1 – 12.
- LUPIÓN-COBOS, T.; CRESPO-GÓMEZ, J. I. & GARCÍA-RUIZ, C., 2023. Challenges and Opportunities to Teaching Inquiry Approaches by STE(A)M Projects in the Primary Education Classroom. *Journal of Baltic Science Education*, vol. 22, no. 3, pp. 454 – 469.
- MCLURE, F.; TANG, K. & WILLIAMS, P., 2022. What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic

literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*, vol. 9, no. 73, pp. 1 – 15.

- ROACH, K.; TILLEY, E. & MITCHELL, J., 2018. How authentic does authentic learning have to be? *Higher Education Pedagogies*, vol. 3, no. 1, pp. 495 – 509.
- ROEHRIG, G. H.; DARE, E. A.; ELLIS, J. A. & RING-WHALEN, E., 2021. Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, vol. 3, no. 11, pp. 1 – 18.
- RULE, A., 2006. Editorial: The components of authentic learning. *Journal of Authentic Learning*, vol. 3, no. 1, pp. 1 – 10.
- SANDERS, M., 2012. Integrative STEM education as “best practice”. In: H. MIDDLETON (Ed.), *Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education*, pp. 103 – 117. Australia: Griffith Institute for Educational Research, Queensland. ISBN: 978-1-921760-95-2.
- SINGER, A.; MONTGOMERY, G. & SCHMOLL, S., 2020. How to foster the formation of STEM identity: studying diversity in an authentic learning environment. *International Journal of STEM Education*, vol. 7, no. 1, pp. 1 – 12.
- TAKEUCHI, M. A.; SENGUPTA, P.; SHANAHAN, M. C.; ADAMS, J. D. & HACHEM, M., 2020. Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, vol. 56, no. 2, pp. 213 – 253.
- VASQUEZ, J.; COMER, M. & GUTIERREZ, J., 2020. *Integrating STEM Teaching and Learning into the K-2 Classroom*. Arlington, Virginia: NSTA Press. ISBN: 9781681406206.

Acknowledgements and Funding

This research was funded by the European Union – NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project No. BG-RRP-2.004-0008-C01 “Sofia University – Marker for Innovation and Technology Transfer (SUMMIT)”, activity 3.4. Scientific research with potential for innovation or knowledge/intellectual property transfer, for project No. 70-123-198 dated 12.02.2024 on the topic “Study, testing, and analysis of the application of innovative approaches in the education of students and pupils from grades 1st to 4th – Stage II”.

REFERENCES

- ALEXIEVA, L.; MIRCHEVA, I., 2023. Stem learning in primary grades: Are teachers ready? *Pedagogika-Pedagogy*, vol. 95, no. 7, pp. 897 – 916, ISSN: 0861–3982 (Print), 1314–8540 (Online)
- ATANASOVA, D.; TODOROVA, D., 2021. The role of interinstitutional cooperation for the quality of stem-oriented higher education, *Proceedings of University of Ruse*, vol. 60, no. 9.1, p. 22 – 26, ISSN 1311-3321.

- BEIER, M. E.; KIM, M. H.; SATERBAK, A.; LEAUTAUD, V.; BISHNOI, S.; GILBERTO, J. M., 2019. The effect of authentic project-based learning on attitudes and career aspirations in STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 56, issue 1, pp. 3 – 23.
- BORICH, G., 2017. *Effective Teaching Methods: Research-Based Practice*. London: Pearson. ISBN-13: 9780135791707 (2021 update).
- BOYANOV, N., 2023. Multidisciplinary Methodology in Regular Classes Using a Physical STEM Product. *Science Series-Innovative STEM Education*, vol. 5, pp. 184 – 192, ISSN: 2683-1333.
- BURKE, P. & LEHANE, P., 2023. *Conceptualising curriculum integration: A synthesis of theory, research and practice*. Ireland: National Council for Curriculum and Assessment.
- CONDLIFFE, B.; VISHER, M. G.; BANGSER, M. R.; Drohojowska, S. & SACO, L., 2016. *Project-based learning: A literature review*. New York, Ny: Mdr.
- DRAKE, S. M., 2012. *Creating Standards-Based Integrated Curriculum: Aligning Curriculum, Content, Assessment, and Instruction*. Corwin Press. ISBN-13: 978-1412915069.
- GIBBS, G., 1988. *Learning by doing: a guide to teaching and learning methods*. Oxford: Further Education Unit, Oxford Polytechnic, ISBN 978-1-873576-87-0.
- GORANOVA, E.; VOYNOHOVSKA, V.; SMRIKAROV, A., 2024. Building competencies for the development of STEM teaching resources in future science teachers. *Strategies of educational and scientific policy*, vol. 32, no. 5, pp. 152 – 160, ISSN: 1310-0270 (Print), 1314-8575 (Online).
- GROSSMAN, P.; DEAN, C.; KAVANAGH, S. & HERRMANN, Z., 2019. Preparing teachers for project-based teaching. *Phi Delta Kappan*, vol. 100, no. 7, pp. 43 – 48.
- GUO, P.; SAAB, N.; POST, L. S. & ADMIRAAL, W., 2020. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of educational research*, vol. 102, no. 101586.
- HAN, J.; KELLEY, T.; BARTHOLOMEW, S. & KNOWLES, G., 2020. Sharpening STEL with integrated STEM. *Technology and engineering teacher*, vol. 80, no. 3, pp. 24 – 29.
- HAN, S.; CAPRARO, R. & CAPRARO, M., 2014. How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 13, no. 5, pp. 1089 – 1113.

- HERRINGTON, J.; REEVES, T.C. & OLIVER, R., 2014. Authentic Learning Environments. In: SPECTOR, J., MERRILL, M., ELEN, J., BISHOP, M. (eds) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York, NY: Springer. pp. 401 – 412, ISBN: 978-1-4614-3184-8.
- LESSEIG, K.; SLAVIT, D.; & SIMPSON, A., 2023. Transdisciplinary STEM: Examples of Student Thinking within Nonformal Learning Experiences. *Education Sciences*, vol. 13, no. 5, p. 435.
- LOMBARDI, M. M.; OBLINGER, D. G., 2007. Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, vol. 1, no. 2007, pp. 1 – 12.
- LUPIÓN-COBOS, T.; CRESPO-GÓMEZ, J. I. & GARCÍA-RUIZ, C., 2023. Challenges and Opportunities to Teaching Inquiry Approaches by STE(A)M Projects in the Primary Education Classroom. *Journal of Baltic Science Education*, vol. 22, no. 3, pp. 454 – 469.
- MCLURE, F.; TANG, K. & WILLIAMS, P., 2022. What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*, vol. 9, no. 73, pp. 1 – 15.
- PAVLOVA, N.; TONCHEVA, M., 2022. Attitudes of future children's teachers towards the STEM approach, *Pedagogika-Pedagogy*, vol. 94, no. 8, pp. 1053 – 1063, ISSN: 0861–3982 (Print), 1314–8540 (Online).
- ROACH, K.; TILLEY, E. & MITCHELL, J., 2018. How authentic does authentic learning have to be? *Higher Education Pedagogies*, vol. 3, no. 1, pp. 495 – 509.
- ROEHRIG, G. H.; DARE, E. A.; ELLIS, J. A. & RING-WHALEN, E., 2021. Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, vol. 3, no. 11, pp. 1 – 18.
- RULE, A., 2006. Editorial: The components of authentic learning. *Journal of Authentic Learning*, vol. 3, no. 1, pp. 1 – 10.
- SANDERS, M., 2012. Integrative STEM education as “best practice”. In: MIDDLETON H. (Ed.), *Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education*, pp. 103 – 117. Australia: Griffith Institute for Educational Research, Queensland, ISBN: 978-1-921760-95-2.
- SINGER, A.; MONTGOMERY, G. & SCHMOLL, S., 2020. How to foster the formation of STEM identity: studying diversity in an authentic learning environment. *International Journal of STEM Education*, vol. 7, no. 1, pp. 1 – 12.
- TAKEUCHI, M. A.; SENGUPTA, P.; SHANAHAN, M. C.; ADAMS, J. D. & HACHEM, M., 2020. Transdisciplinarity in STEM education: A

critical review. *Studies in Science Education*, vol. 56, no. 2, pp. 213 – 253.

VASQUEZ, J.; COMER, M. & GUTIERREZ, J., 2020. *Integrating STEM Teaching and Learning into the K-2 Classroom*. Arlington, Virginia: NSTA Press. ISBN: 9781681406206.

ZACHARIEV, A.; SIMEONOV, S.; TODOROVA, T., 2023. From STEM to BEST: two standards, one goal. *Strategies of educational and scientific policy*, vol. 31, no. 4, pp. 89 – 100, ISSN: 1310–0270 (Print), 1314–8575 (Online).

AUTHENTIC TRANSDISCIPLINARY PROJECT-BASED STEM EDUCATION OF UNIVERSITY STUDENTS LEARNING FOR TEACHERS

Abstract. The article examines the effectiveness of authentic STEM projects in increasing the motivation, academic achievements and important transferable skills of students learning for teachers such as critical thinking, initiative and entrepreneurship and teamwork skills. Essential characteristics of STEM learning, such as integrity and authenticity, are examined, as is project-based learning. Structured and approved authentic STEM integral projects and results of their application in student learning. The analysis of the effectiveness of the applied experimental approach is carried out according to five indicators and includes test tasks, authentic assessment with structured observation. The data show the effectiveness of the used authentic transdisciplinary STEM projects in the education of student learning for teachers. It translates into higher results in academic STEM achievements, motivation, initiative and entrepreneurship, as well as teamwork skills. There was no increase in students' critical thinking after the experimental work.

Keywords: STEM; authentic learning; transdisciplinary STEM; project-based learning

✉ **Prof. Lyuben Vitanov, DSc.**

ORCID iD: 0000-0002-1294-7133

✉ **Prof. Dr. Nikolay Tsanev**

ORCID iD: 0000-0001-9327-2491

✉ **Dr. Lyudmila Zafirova, Assist. Prof.**

ORCID iD: 0009-0006-6175-0560

✉ **Dr. Gergana Hristova, Assist. Prof.**

ORCID iD: 0000-0001-5604-2435

✉ **Dr. Katerina Dinkova, Assist. Prof.**

ORCID iD: 0000-0002-1294-7133

✉ **Mrs. Kalina Georgieva, PhD student**

ORCID iD: 0009-0006-0474-0470

✉ **Mr. Georges Kyushev, PhD student**

ORCID iD: 0009-0005-9840-7558

✉ **Mrs. Zdravka Savcheva, PhD student**

ORCID iD: 0009-0000-8656-8884

Faculty of Educational Studies and the Arts

Sofia University "St. Kliment Ohridski"

Sofia, Bulgaria

E-mail: lvitanov@uni-sofia.bg

E-mail: n.tsanev@fppse.uni-sofia.bg

E-mail: l.zafirova@fppse.uni-sofia.bg

E-mail: g.hristova@fppse.uni-sofia.bg

E-mail: kbdinkova@uni-sofia.bg

E-mail: kgeorgieva@uni-sofia.bg

E-mail: zkjushev@uni-sofia.bg

E-mail: zrsavcheva@uni-sofia.bg