

STEM APPROACH TO DEVELOPING 21ST CENTURY COMPETENCES AND ENVIRONMENTAL AWARENESS APPLIED WITH PRIMARY EDUCATION STUDENTS

Silvana Jakimovska Binova

OOU`Strasho Pindzur`-Karbinci, R. N. Makedonija, silvanajbinova@yahoo.com

Gorica Smilkova

OOU`Strasho Pindzur`-Karbinci, R. N. Makedonija, smilkovag@yahoo.com

Julijana Popovski

OOU`Strasho Pindzur`-Karbinci, R. N. Makedonija, julegorgieva@yahoo.com

Olivera Minova

OOU`Strasho Pindzur`-Karbinci, R. N. Makedonija, oliveraminova@gmail.com

Maja Andonova

OOU`Strasho Pindzur`-Karbinci, R. N. Makedonija, andonovamaja@gmail.com

Abstract: Teaching, learning and instruction are a dynamic and continuous process. Every subject in teaching encounters the challenges of today's technical and technological changes every day. Looking for a way to keep up with the times, we create approaches and ways of learning in which we insert modern techniques, technical and information resources, but at the same time maintain the authenticity of the lessons from the natural group of subjects in which, in addition to the defined subject objectives, we promote care for nature, environmental protection and sustainable living. The application of interdisciplinary learning enables the connection of knowledge, methods and perspectives from different subjects for a better understanding of certain topics. Interdisciplinarity creates bridges between subjects, encouraging students to think in an integrated and creative way. The application of the STEM approach in teaching has its effects on the development of cognitive and practical competencies in students, but also on motivation, problem solving and critical thinking. STEM-oriented teaching significantly contributes to increased student engagement and enables the development of competencies for life in the 21st century.

Therefore, we implemented a school project in which the main goal is to develop awareness and responsibility for the reuse of textile waste (from old clothes or textile garments) among students and the wider community. The very fact that the textile industry is the most developed in the immediate vicinity of our school, which in turn produces huge quantities of textile waste, gave rise to the motivation for the implementation of this project "From textile waste to new product". The project corresponds to the teaching content of the natural group of subjects - mathematics, physics, chemistry, geography. Within the framework of the project, these contents are deepened, the students learned in the context of a real problem - the problem of textile waste. Within the project, students conducted statistical research and surveys on the amount of textile waste generated by the textile industry in the community, experimental research on the different types of textile waste and their properties, and experimental research on the process of decomposition of different types of textile waste in nature. According to the results of these researches, we implemented activities related to creative reuse and creation of new products from textile waste. Through the planned activities within the project, students gained knowledge about textile waste, different types of textiles and their properties, as well as skills for their reuse. Through involvement in the activities, they gained knowledge and skills for statistical and scientific research, but also skills for creativity, entrepreneurship and the application of new technologies.

In this paper, we will present the course of the project and the applied approaches in teaching, as well as the benefits and challenges we faced as teachers implementing the project activities and teaching.

Keywords: STEM, project-based learning, interdisciplinary learning, textile waste, sustainable development in teaching

СТЕМ ПРИОД ЗА РАЗВОЈ НА КОМПЕТЕНЦИИ ЗА 21 ВЕК И ЕКОЛОШКА СВЕСНОСТ ПРИМЕНЕТ СО УЧЕНИЦИ ОД ОСНОВНО ОБРАЗОВАНИЕ

Силвана Јакимовска Бинова

ООУ`Страшо Пинџур`-Карбинци, Р. С. Македонија, silvanajbinova@yahoo.com

Горица Смилкова

ООУ`Страшо Пинџур`-Карбинци, Р. С. Македонија, smilkovag@yahoo.com

Јулијана Поповски

ООУ`Страшо Пинџур`-Карбинци, Р. С. Македонија, julegorgieva@yahoo.com

Оливера Минова

ООУ`Страшо Пинџур`-Карбинци, Р. С. Македонија, oliveraminova@gmail.com

Маја Андонова

ООУ`Страшо Пинџур`-Карбинци, Р. С. Македонија, andonovamaja@gmail.com

Резиме: Наставата, учењето и поучувањето се динамичен и континуиран процес. Секој субјект во наставата секојдневно се судира со предизвиците на денешните техничко-технолошки промени. Барајќи начин да се држиме во чекор со времето креираме приоди и начини на учење во кој ги вметнуваме современите техники, технички и информатички ресурси, но при тоа да ја заджиме автентичноста на часовите од природната група предмети во кои покрај дефинираните предметни цели промовираме грижа за природата, заштита на животната средина и одржливо живеење. Со примената на интердисциплинарното учење се овозможува поврзување на знаења, методи и перспективи од различни предмети за подобро разбирање на одредени теми. Интердисциплинарноста создава мостови меѓу предметите, охрабрувајќи ги учениците да размислуваат интегрирано и креативно. Примената на СТЕМ-приодот во наставата има свои ефекти врз развојот на когнитивните и практичните компетенции кај учениците, но и мотивацијата, решавањето на проблеми и критичкото размислување. СТЕМ –ориентираната настава значително допринесува за зголемена ангажираност на учениците и овозможува развој на компетенции за живот во 21-ви век.

За таа цел реализиравме училиштен проект во кој главна цел е да се развие свесност и одговорност за реупотреба на текстилниот отпад (од стара облека или од текстилните конфекции) кај учениците и пошироката заедница. Самиот факт дека во најблиската околина на нашето училиште најразвиена е текстилната индустрија која што пак продуцира огромни количини текстилен отпад произлезе мотивацијата за реализација на овој проект “Од текстилен отпад до нов производ”. Проектот соодветствува со наставните содржини од природната група предмети-математика, физика, хемија, географија. Во рамки на проектот овие содржини се пролабочени, учениците учеа во контекст на реален проблем – проблемот со текстилниот отпад. Во рамки на проектот учениците направија статистичко истражување и анкети за количината на текстилен отпад што се генерира од текстилната индустрија во заедницата, експериментално истражување за различните видови текстилен отпад и нивните својства и експериментално истражување за процесот на распаѓање на различните видови текстилен отпад во природата. Според резултатите од овие истражувања ги реализиравме активностите кои се однесуваат на креативна реупотреба и креирање нови производи од текстилен отпад. Преку планираните активности во рамки на проектот учениците стекнаа знаења за текстилниот отпад, различните видови на текстил и нивните својства, како и вештини за реупотреба на истиот. Преку вклученост во активностите стекнаа знаења и вештини за статистичко и научно истражување, но и вештини за креативност, претприемништво и примена на нови технологии.

Во овој труд ќе го презентираме текот на проектот и применетите приоди во поучувањето но и придобивките и предизвиците со кој се соочивме како наставници реализатори на проектните активности и поучувањето.

Клучни зборови: СТЕМ, учење преку проект, интердисциплинарно учење, текстилен отпад, одржлив развој во наставата

1. ВОВЕД

Наставниот процес во современите основни училишта постојано се прилагодува на техничко-технолошките промени и бара нови пристапи кои овозможуваат поквалитетно, покреативно и покритичко учење. Примена на интердисциплинарен приод, интегрирање на СТЕМ-приод и реализирање проектни активности претставуваат ефективен начин за унапредување на наставната практика, како и за развивање на когнитивни, практични и истражувачки компетенции кај учениците. Ваквите приоди овозможуваат

поврзување на знаења, методи и перспективи од различни предмети, при што учениците учат во контекст на реални проблеми и се охрабруваат да размислуваат интегрирано, логички и креативно.

Во таа насока се јави потребата за планирање и имплементација на училиштен проект кој се темели на меѓупредметна соработка и решавање на актуелен проблем од локалната средина. Главната цел на проектот „Од текстилен отпад до нов производ“ е развивање свест и одговорност кај учениците и заедницата за повторна употреба на текстилниот отпад, кој произлегува од стара облека и текстилните конфекции. Идејата за проектот е продолжение на претходните позитивни искуства од активностите „Навики за помалку отпад“, во рамки на кои учениците се запознаа со управување со отпад, намалување, повторна употреба и рециклирање, со акцент на хартија и пластика. Дополнителна мотивација претставува локалниот контекст: текстилната индустрија е најразвиена во непосредната локална заедница и генерира значителни количини текстилен отпад, што го прави проблемот реален и релевантен за учениците.

Како дел од проектот, учениците спроведоа статистички и експериментални истражувања поврзани со количините текстилен отпад, неговиот состав, карактеристики и процесите на негово распаѓање во природата. На основа на собраните податоци се реализираа и активности за креативна реупотреба и изработка на нови производи од текстилен отпад. На овој начин учениците, преку СТЕМ-ориентирани и проектни активности, развија вештини за научно и статистичко истражување, критичко размислување, решавање проблеми, креативност, претприемништво и примена на нови технологии – компетенции неопходни за живот и работа во 21-виот век.

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Во проектните активности учествуваа ученици од VIII и IX одделение, организирани во тематски тимови според задолженијата: промоција и дизајн, теренско истражување, експериментално истражување и обработка на податоци. Учениците од IX одделение имаа улога на ментори, обезбедувајќи поддршка при дизајнирањето на визуелните материјали и при организирањето на експерименталните постапки. За реализацијата на проектот беа употребени различни материјали и технички средства, вклучително дигитални алатки како logomaster.ai за дизајн на лого, ChatGPT за генерирање слогани и Canva за креирање на промотивна брошура. За теренската работа беа користени записници, фотоапарати и мобилни уреди за документација, а во експерименталниот дел текстилни материјали (памук, волна, полиестер и вискоза), стаклени контејнери, различно третирана локална почва, мерни инструменти, означувачи, тегови и шаблони за евиденција. Добиените податоци беа внесувани во хронолошки дневник и систематизирани со табели за подетален увид.

Методологијата се базираше на четири последователни целини: подготовка на промотивен материјал, теренско истражување, експериментално научно истражување и креативна реупотреба на текстилен отпад. Проектот започна со изработка на визуелен идентитет, при што учениците работеа во парови и, следејќи однапред зададени насоки, креираа повеќе предлози за лого со алатката logomaster.ai и слогани генерирани преку ChatGPT. По гласање беше избрано финалното лого, а дополнително беше изработена и промотивна брошура користејќи ја платформата Canva, со што учениците стекнаа искуство во дигитален дизајн и визуелна комуникација.

Следната методолошка фаза опфати теренско истражување со цел учениците да се запознаат со реалниот тек на создавање и третман на текстилниот отпад. Тие ја посетија текстилната фабрика „Лонгуров“ – Штип, каде што го набљудуваа процесот на производство, видот и количината на произведен отпад и неговата организација во рамки на фабриката. Посетата на Царинската управа – царинарница Штип овозможи дополнителни сознанија за законските процедури, транспортот и контролата на текстилниот отпад до неговото конечно отстранување на депониите. Податоците од овие посети беа собрани преку структурирани разговори со раководни лица, набљудување, фотографска документација и водење записници од ученичките дискусии.

Експерименталниот дел претставуваше централна фаза на истражувањето. Избраните видови текстил — памук, волна, полиестер и вискоза — беа исечени на парчиња со исти димензии и обележани со датум, вид материјал и услови на третирање. Поставувањето на експериментот опфати закопување на примероците во три различни услови на почва: нормална (нетретирана), влажна (полевана еднаш неделно) и сува/топла почва (садови поставени на радијатор). За секој вид материјал беа подготвени по три садови, при што беше овозможена споредба на промени под различни еколошки услови. На секои три недели, во период од четири месеци (ноември–март), се вадеше по едно парче од секој материјал и од секој модел на почва. Извлечените примероци беа фотографирани, органолептички анализирани и евидентирани во хронолошки дневник.

Изглед на извлечените парчиња - памук (од различно третирана почва: нормална/сува/влажна)



Извор: Истражување на авторите

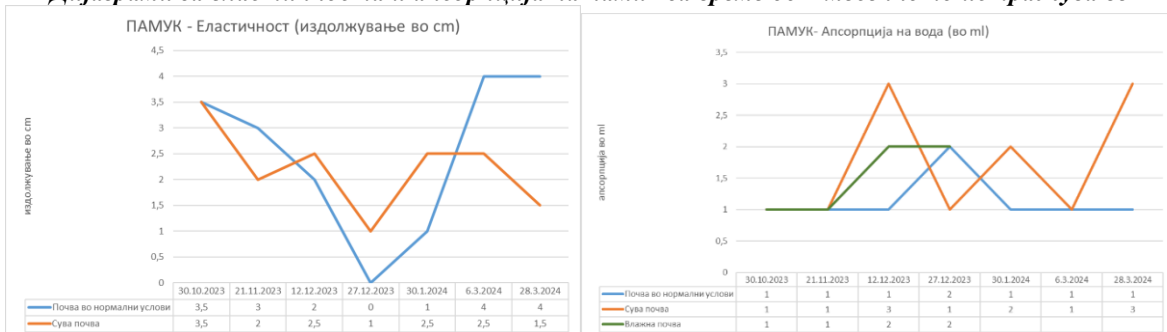
Покрај описната анализа, беше извршено и тестирање на физички својства на примероците. Секое парче текстил беше тестирано по три параметри: еластичност (мерење на издолжување под тег од 500 g), отпорност на топлина (реакција на пеглање) и апсорпција на вода (во милилитри). Резултатите од физичките мерења беа внесени во однапред подготвени табели, додека сите податоци од дневниците и мерењата беа дополнително систематизирани преку Excel. На основа на собраните податоци, беа изработени прегледни табели, дијаграми и графикони со кои визуелно се прикажаа разликите меѓу материјалите, условите на третман и динамиката на промените во текот на четиримесечниот период.

Табела за тестирањето на памук за трите параметри за време од 4 месечното истражување

ПАМУК																
Контролна проба 30.10.2023				21.11.2023		12.12.2023		27.12.2023		30.1.2024		6.3.2024		28.3.2024		
Еластичност (издолжување во см)	При третирање со топлина (пегла)	Услови/ својства		Еластичност (издолжување во см)	При третирање со топлина (пегла)	Еластичност	При третирање со топлина (пегла)	Еластичност	При третирање со топлина (пегла)	Еластичност	При третирање со топлина (пегла)	Еластичност	При третирање со топлина (пегла)	Еластичност	При третирање со топлина (пегла)	
не е многу осетлив 3,5	4	Почва во нормални услови	3	нема промен	1	2	нема промен	2	0	4	1	4	1	4	1	
		Сува Почва (на парно)	2	нема промен	2	2,5	нема промен	2	1 см	1	2,5	малку пеглава	1	2,5	малку пеглава	1
		Влажна Почва	се кине	се кине	0 мл	се кине	леге се	2	се кине	1	се кине	1	се кине	1	се кине	1

Извор: Истражување на авторите

Дијаграми за еластичноста и апсорпција на памук за време од 4 месечното истражување



Извор: Истражување на авторите

Во последната методолошка целина беше опфатена креативната реупотреба на текстилниот отпад. Врз основа на резултатите од експерименталното истражување, учениците ја применија својата креативност за изработка на нови производи од отпаден текстил. Организирани во тематски групи, тие користеа едноставни технички алатки и пристапи за да креираат практични и декоративни предмети. Процесот опфати планирање, мерење, кроење, дизајн и финална обработка, при што учениците интегрираа знаења од повеќе предмети — математика, физика, техничко образование и уметност. Завршните производи беа презентирани на училишна изложба, што им овозможи на учениците да ги демонстрираат стекнатите вештини и да ја промовираат важноста на реупотребата и одржливите практики во заедницата.

Соработката меѓу наставниците претставуваше клучен сегмент во планирањето и реализацијата на проектните активности. Проектот беше координиран од наставникот по математика, но во неговото спроведување активно учествуваа и наставниците по биологија-хемија, физика, географија и училишниот педагог кои придонесоа со стручна поддршка во различни фази. Тимското планирање овозможи интеграција на повеќе наставни предмети – од биолошките аспекти на разградување на материјалите, преку техничките процеси на мерење и изработка, до математичката обработка на податоци и дизајнот на дигитални материјали. Наставниците заеднички ги дефинираа целите, методологијата, инструментите за собирање податоци и критериумите за анализа, а истовремено обезбедија и континуирана поддршка и координација меѓу ученичките тимови.

3. РЕЗУЛТАТИ

Теренското истражување овозможи учениците да стекнат непосреден увид во процесите на создавање и управување со текстилниот отпад во локалната заедница. Посетата на текстилната фабрика „Лонгуров“ покажа дека најчестиот отпад потекнува од памук, полиестер и разновидни мешани материјали, кои се собираат без предходна селекција и се предаваат на надворешни компании за понатамошно отстранување. Во царинарницата учениците дознаа дека најголем дел од текстилниот отпад завршува на депонии, по што заклучија дека во локалниот контекст недостасуваат системи за рециклирање и повторна употреба, како и дека создадените количини отпад се значајни и сè повеќе растат.

Експерименталното истражување го потврди различното однесување на природните и синтетичките влакна во услови типични за почвена средина. Памукот и волната покажаа видливи органолептички промени уште по неколку недели, особено во влажна почва, каде се забележаа промена на боја, омекнување, порозност и почетни знаци на деградација. Вискозата исто така претрпе умерени промени, но значително побавно од памукот. Полиестерот, напротив, остана целосно стабилен: во текот на целиот експеримент не беа забележани значајни промени во изглед, текстура или структура, без разлика на условите на почвата. Физичките тестови ја потврдија оваа разлика – памукот и волната ја губеа еластичноста, стануваа покршливи и апсорбираа поголеми количини вода, додека полиестерот и при изложеност на топлина и при тестирање со апсорпција остана речиси непроменет.

Систематизацијата и обработката на податоците овозможија да се визуелизираат разликите меѓу текстилните материјали и условите на третман. Графиконите покажаа јасна тенденција: органските материјали постепено деградираат и ја губат структурата со текот на времето, особено во влажна средина, додека синтетичките материјали остануваат стабилни и нераспадливи. Овие резултати укажуваат дека природните ткаенини имаат значително помал еколошки отпечаток во процесот на разградување, додека синтетичките материјали претставуваат долгорочен еколошки товар поради нивната висока отпорност на природни процеси на распаѓање.

Креативната реупотреба на текстилниот отпад резултираше со изработка на голем број функционални и декоративни предмети, меѓу кои еко-вреќи, подметачи, украсни предмети и перничуња. Учениците ги применуваа сознанијата од експерименталните наоди при изборот на материјалите, користејќи природни влакна за предмети што бараат поголема вливливост или мекост, а синтетички материјали за издржливи производи. Изработените предмети беа презентирани на училишна изложба, која ја подигна свеста за одржливи практики и поттикна дискусија за значењето на повторната употреба во локалната заедница.

4. ДИСКУСИЈА

Резултатите од истражувањето ја потврдија значајната разлика во разградувањето помеѓу природните и синтетичките текстилни материјали, што се совпаѓа со постојните научни сознанија за нивната еколошка отпорност. Памукот и волната, како природни влакна, покажаа значителни промени во релативно краток период, особено во влажни услови, што упатува на нивната биолошка разложливост и зависност од микробиолошките активности во почвата. Наспроти ова, синтетичките материјали како полиестерот останаа стабилни и речиси непроменети во сите услови, што ја нагласува потребата од алтернативни методи за управување со синтетичките текстили, бидејќи природното распаѓање е практично занемарливо.

Овие наоди се особено релевантни во контекст на локалната средина, каде теренското истражување покажа дека голем дел од текстилниот отпад се депонира без селекција или план за рециклирање. Комбинирањето на теренски податоци и лабораториски резултати ја зајакнува пораката дека современите практики за управување со отпадот не одговараат на еколошките предизвици што ги создава синтетичката облека. Воедно, резултатите посочуваат на итноста за воведување практики на селекција, рециклирање, реупотреба и подигнување на јавната свест, особено во средини со развиена текстилна индустрија.

Активностите за креативна реупотреба на текстилниот отпад го покажаа потенцијалот на образованието да генерира практични решенија со непосредно влијание. Преку изработката на нови производи од отпадни материјали, учениците развија чувство за одговорност, креативност и иницијативност, што дополнително ја нагласува улогата на училиштето како катализатор на одржливи практики. Со тоа се демонстрира дека повторната употреба може да биде и еколошки корисна и креативно поттикнувачка, но и економски исплатлива како алтернатива на фрлањето на отпадот.

Важен аспект во реализацијата на проектот беше меѓусебната соработка меѓу наставниците, која значително придонесе за квалитетот и интегрираноста на активностите. Наставниците по математика и „природни науки, координирано ги планираа содржините, ги усогласија методолошките пристапи и креираа интердисциплинарни активности кои овозможуваат поврзување на теоретското знаење со практични задачи. Оваа соработка овозможи учениците да ја согледаат темата „текстилен отпад“ од повеќе перспективи – научна, технолошка, креативна и општествено-еколошка. Истовремено го зајакна професионалниот развој на наставниците, кои преку заедничко планирање и рефлексивност создадоа модел на тимско функционирање применлив и во други наставни проекти.

Севкупно, дискусијата покажува дека интегрираниот пристап – кој ги комбинира научното истражување, теренската работа, креативните активности и наставничката соработка – создаде цврста основа за развивање на еколошка свест кај учениците. Проектот не само што го демонстрираше процесот на разградување на текстилните материјали, туку и ги поттикнува учениците критички да размислуваат за сопствените навики на потрошувачка, за еколошките последици од текстилната индустрија и за можностите за одржливи решенија во локалната заедница.

5. ЗАКЛУЧОЦИ

Проектот „Од текстилен отпад до нов производ“ покажа дека интегрираниот STEM-приод во наставата значително придонесува за развој на научни, технички, технолошки и креативни компетенции кај учениците, истовремено градејќи еколошка свест и чувство за одговорност кон животната средина. Применетите методи – теренско истражување, експериментална работа, статистичка обработка на податоци и креативна реупотреба – им овозможуваат на учениците да го поврзат теоретското знаење со реален еколошки проблем присутен во нивната локална заедница. Резултатите потврдија дека природните текстилни материјали се значително поподложни на разградување од синтетичките, со што се зајакна разбирањето за еколошкиот предизвик што го претставува современата текстилна индустрија.

Проектот исто така го нагласи значењето на интердисциплинарноста и тимската соработка меѓу наставниците, кои заеднички креираа интегрирани активности со јасна образовна, научна и општествена вредност. Овој модел на координирана работа покажа дека училиштето може да стане силен фактор во промовирањето одржливи практики и развивањето на компетенции релевантни за 21-от век.

Севкупно, проектот резултираше со зголемена вклученост и мотивација кај учениците, развиени вештини за истражување и критичко размислување, но и со конкретни производи кои ја демонстрираа можноста за креативна повторна употреба на отпадот. Искусството од проектот ја потврди потребата од натамошно вклучување на STEM и еколошко образование во наставната практика, како основа за создавање генерации ученици кои се свесни, активни и подготвени да придонесат кон одржлива иднина.

ЛИТЕРАТУРА

- Димитров, Н., Митева, Е., & Серафимова, М. (2017). Методологија на научно истражувачка работа. Штип, Р. С. Македонија
- Barakovska, A. (2013). Општа педагогија. Филозовски факултет. Скопје, Р. С. Македонија
- Baryła, W. I., Bernat, K., Zaborowska, M., & Kulikowska, D. (2024). The Growing Problem of Textile Waste Generation—The Current State of Textile Waste Management. *MDPI Journal Energies*, 17
- Belford, R. (2013). Learning theories. *Jurnal od chemeical education* 90, 150-151
- Cracolice, M. S. (2005). Chapter 2 of Chemists Gaide for effective teaching. Prentice hall series in educational innovation. Upper Salder River
- Evans, M., Gray, P., Roesner, B., & Glowinski, S., (2025). Multiple Mentors: The Benefit of Peer and Faculty Mentors for STEM Majors. *Juornal of STEM education, Innovations and research*, Vol. 26, 49-57.
- Edwards, S. & Hammer, M. (2004). Teacher education and problem- based learning: exploring the issues and identifying the benefits. International Education Conference of the Australian Association for Research in Education: University of Notre Dame, Australia
- Gabler, I. C. & Schroeder, M. (2003). Constructivist methods: Engaged minds. Boston: Allyn & Bacon
- Gudjons, H.(1994). *Pedagogija. Temeljna znanja*. Educa, Zagreb

- Jensen, A. A., Stenoft, D. & Rayn, O. (2019). *Interdisciplinarity and Problem-Based Learning in Higher Education- Research and Perspectives*. Springer International Publishing
- Joana, P. Miranda, P. J., Batista, M., Duarte, C. & Sanches, T. (2021). *Interdisciplinary Class Observation in Higher Education: Lessons Learned from the Professional Development Experience of Four Teachers*. MDPI Journal Education sciences, 11
- Mandrikas, A., Stefanidou, C., Kyriakou, K., & Skordoulis, C. (2023). *Scientific Practices In The Context Of STEM Education: A Case Study In Primary Education*. Juornal of STEM education, Innovations and research, Vol. 24, 35-44
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press, New York
- Özbek, G. (2025). *Latent Profile Analysis of Computational Thinking Skills: Associations with Creative STEM Project Production*. MDPI Journal Education sciences, 15
- Pelech, J., (2010). *The comprehensive handbook of constructivist teaching: from theory to practice*. Information age publishing Inc
- Xu, C., Wu, C. F., Xu, D.D., Lu, W. Q., Wang, K. Y. (2022). *Challenges to Student Interdisciplinary Learning Effectiveness: An Empirical Case Study*. PMC Journal of intelligence, 10
- <https://zone.recycledevon.org/clothes/>
- https://traid.org.uk/education/education_resources/
- <https://xqsuperschool.org/high-school-community/interdisciplinary-teaching-and-learning/>