

THE ROLE OF MATHEMATICS IN THE STEM INTEGRATIVE APPROACH – SOME REFLECTIONS ON MATERIAL FOR 5TH AND 6TH GRADE

Hristina Yurieva Shekerliyska-Vachkova

South-West University „Neofit Rilski“, Bulgaria, hrshekerliyska@gmail.com

Abstract: The perception of STEM as an integrative approach in Bulgarian education sets high demands on the selection, structuring, and organization of the learning process, which is particularly well-suited to be oriented toward the constructivist approach. In the Bulgarian educational system, the idea of STEM is still in the process of finding its optimal path. The lack of a comprehensive concept for implementing STEM education at the curriculum or program level leads to problems at each of the mentioned levels. The aim of the present article is to review the mathematics curriculum for 5th and 6th grade in the Bulgarian educational system in terms of opportunities for applying the constructivist approach in STEM-oriented mathematics education. The implementation of this approach is related to certain characteristics of the curriculum content, such as: a) the presence of clear interdisciplinary connections; b) opportunities for the pragmatic reformulation of learning tasks by teachers, directing them toward the students; c) opportunities for the student to independently and pragmatically reformulate learning tasks; d) opportunities for independent research and applied activities by students. The listed characteristics of the curriculum content are analyzed by examining the mathematics syllabi in connection with other subjects in the respective grades; selected mathematics textbooks and textbooks from other subjects (including questions and tasks for independent work, as well as the instructional guidance apparatus); and certain topics that are personally meaningful to students, socially relevant, and/or globally significant.

Keywords: STEM-education, mathematics, constructivist approach, curriculum content

РОЛЯТА НА МАТЕМАТИКАТА В STEM ИНТЕГРАТИВЕН ПОДХОД – НЯКОИ РАЗСЪЖДЕНИЯ ПО МАТЕРИАЛ ЗА 5. И 6. КЛАС

Христина Юриева Шекерлийска-Въчкова

Югозападен университет „Неофит Рилски“, България, hrshekerliyska@gmail.com

Резюме: Виждането за STEM като интегративен подход в българското образование поставя високи изисквания към подбора, структурирането и организацията на учебния процес, която е особено подходящо да бъде ориентирана към конструктивисткия подход. В българската образователна система идеята за STEM е все още в процес на намиране на своя оптимален път. Липсата на цялостна концепция за реализирането на STEM-обучение на ниво учебен план или учебна програма води до проблеми на всяко от посочените равнища. Целта на настоящата статия е да се направи преглед на учебното съдържание по математика в 5. и 6. клас в българската образователна система откъм възможности за приложение на конструктивисткия подход в STEM-обучението по математика. Реализирането на този подход е свързано с такива характеристики на учебното съдържание като: а) наличие на ясни междупредметни връзки; б) възможности за прагматично преформулиране на учебните задачи от страна на учители и насочването им към ученика; в) възможности за самостоятелно прагматично преформулиране на учебните задачи от страна на ученика; г) възможности за самостоятелна изследователска и приложна дейност от страна на учениците. Посочените характеристики на учебното съдържание се анализират, като се разглеждат учебните програми по предмета математика във връзка с други предмети от съответните класове; някои учебници по математика и други предмети (въпросите и задачите за самостоятелна работа, апарата за ориентирание); някои лично значими (за учениците), социално значими и/или глобални теми.

Ключови думи: STEM-обучение, математика, конструктивистки подход, учебно съдържание

1. УВОД

Математиката е неотменна част от живота на хората още от древни времена. От гледна точка на училищното образование, тя е фундаментална наука, която се изучава през целия период. Немислимо е съществуването на предметни области като: биология, химия, физика (т.нар. природни науки), география, информационни технологии и компютърно моделиране, технологии и предприемачество,

физическо възпитание и спорт и др., без използването на математиката като инструментариум. Преподаването по предмета математика в условията на доминиращи и бурно напредващи образователни и педагогически технологии, е истинско предизвикателство. Поразително противоречие на този фон е обстоятелството, че според някои учебни програми и технологизиращите учебното съдържание учебници, учениците не могат да разберат връзка между учебното съдържание, учебната дейност (съпроводена с решаване на изглеждащи скучни и еднотипни задачи) и явления, процеси и казуси от действителността и житейския си опит. Като прибавим и доминиращите стереотипи на преподаване, обричащи учениците на предимно пасивна позиция в обучението по математика и природни науки, не са учудващи резултатите ни на международната сцена. Резултатите от проведени изследвания – PISA 2022 г. (ЦОПУО, 2023) и TIMSS 2023 г. (IEA's TIMSS 2023, 2024) сочат, че България се нарежда около и под средното равнище за всички държави в областта на математиката и природните науки и е със запазваща се тенденция от предходните проучвания.

2. АКТУАЛНИ ПРОМЕНИ, СВЪРЗАНИ С МАТЕМАТИКАТА В БЪЛГАРСКОТО ОБРАЗОВАНИЕ

За преодоляване на посоченото противоречие през 2021 г. са утвърдени осъвременените учебни програми по математика за 5., 6., и 7. клас. Те категорично поставят една нова и основна цел пред обучението по математика, а именно – „учениците да открият необходимостта от знанието и неговото приложение при решаването на конкретни житейски ситуации“ (Министерство на образованието и науката, Учебни програми по математика за 5.-7. клас (изменени и допълнени), 2021). Тази идея е ползотворна, доколкото има потенциал да се прехвърли мост между високата абстрактност на математическото знание и ежедневната практика, в която това знание е скрито зад практически казуси, върху които рефлексията е затруднена.

На този фон, макар и с доста закъснение, формирането у нас през последните години на STEM-политика е съществено, доколкото се задълбочава кризата в образованието, а страната ни е в отворено икономическо пространство, в което конкурентоспособността чрез иновации и технологии има ключово значение за нейното настояще и бъдеще. Във фокуса на такава политика естествено попада осигуряването на условия за качествено образование и компетентности в комплекс от области (математика, физика, химия, биология, инженерни области и технологии), през целия живот на непрекъснато образование, така че тази образователна подготовка да е предпоставка за трудово-професионална и личностна реализация в условията на технологични иновации и висока конкуренция, включително на пазара на труда.

През настоящата година (бел. ред. 2025 г.) се подготвят няколко проекта за реформа в образованието. Част от проектите засягат формата на национално външно оценяване по математика за 7. клас. Предвижда се добавянето на въпроси, които съдържат междупредметни връзки с други предмети. Дълбокият замисъл на тази идея е своеобразно продължение на предходните две промени. Цялостен проблем, обаче, са липсата на план за реализация на ниво учебен план, учебна програма, а в следствие и преподаване в класната стая. Липсата на цялостна концепция за провеждане на STEM обучение, за организация на промяната на всички нива в образователната система, а в следствие и липсата на критерии за изготвяне на изпита, който да показва сравними за в бъдеще резултати и положителна ли е посоката на развитие, би довело до случайни събития и нежелан ефект.

3. НАЛИЧИЕ НА МЕЖДУПРЕДМЕТНИ ВРЪЗКИ НА НИВО УЧЕБНИ ПРОГРАМИ И УЧЕБНИЦИ

Първият от въпросите, чийто отговор се търси, се отнася за наличието на ясни междупредметни връзки на математиката с други учебни предмети от същия клас. Нормативната оценка на междупредметните връзки следва да мине през три основни етапа: А) учебен план – ДОО (стандарти) – учебни програми; Б) учебници. Учебния план, който е относително устойчив и стабилен във времето, определя съдържателната структура на образователната система. На това ниво интеграцията се осъществява чрез обосноваването на културно-образователни области като интегративни съдържателни полета, предметени чрез съответни учебни предмети. ДОО (стандарти) за учебно съдържание определят обема и равнището на общообразователната подготовка на учениците. Някои от частите на един стандарт са адресирани до различни учебни предмети, а други до един и същ учебен предмет, но за различни класове. Учебната програма, от своя страна, определя обема и структурата на учебното съдържание по даден учебен предмет и клас. В учебната програма съществуват два вида връзки: 1) вътрепредметни (вертикални) – в рамките на една и съща културно-образователна област; 2)

междупредметни (хоризонтални) – в рамките на една или повече културно-образователни области. Реализацията на междупредметните връзки в класната стая зависят от действията на учителя.

Важно значение за настоящето търсене имат учебните програми за 5. и 6. клас от гледна точка на това дали предлагат възможности за интегративни връзки, които имат съществена роля за реализиране на конструктористкия подход в STEM обучението. Разглеждайки учебните програми по математика за 5. и 6. клас прави впечатление, че точно и ясно са формулирани: цел, очаквани резултати по области на компетентности, както и препоръки за подбора на ситуации при представянето на съдържанието по теми. Целта задава общата насока: решаване на житейски казуси, прилагане на наученото знание в живота на учениците. Посочените практически дейности, които могат да се реализират в класната стая на 5. или 6. клас, се отнасят най-вече до геометрични фигури и тела и свързаните с тях измервания върху предмети или модели с форма на съответните геометрични фигури и тела. Учебната програма предлага и някои идеи за развиване на компетентности, които са косвено свързани с математическата грамотност: представяне на презентации, решаване на задачи, използвайки компютър, чертаене на фигури (дигитална компетентност); използване на математическите понятия като част от езиковата култура на учениците, представяне на проекти за даден математически проблем, доклад за историята на даден дял от математиката, доклад за конкретен математик, математически факт или понятие, описание на обекти и процеси (езикова компетентност); проучване на актуален граждански въпрос и на възможностите, които предоставя математиката за решаването му (социални и граждански компетентности); усвояване на правила и на алгоритми, подпомагащи познавателния процес и даващи сигурност при изпълнение на процедури, демонстриране на логически умения при изразяване на аргументи и разсъждения (умение за четене). Развиването на посочените като косвени на математическата грамотност компетентности отговарят на един от критериите относно приложение на конструктористкия подход към STEM обучението по математика в прогимназиален етап, а именно: създаване на контекст за конструиране/реконструиране на знания в личен познавателен и социален опит. (Министерство на образованието и науката, Учебни програми по математика за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка), 2023)

Учебните програми по предмета човекът и природата за 5. и 6. клас предлагат богато разнообразие от междупредметни връзки, много от които с предмета математика. Възможностите за интегративни връзки между двата предмета е естествено продължение от начален етап на образование: познаването на числата и свързаните с тях аритметични действия (събиране, изваждане, умножение и деление); правилно използване на калкулатор; мерни единици за дължина, лице, маса и време; геометрични фигури и тела. Конструкторизмът предполага учащият активно да изгради, „конструира“ значения върху основата на съотнасяне между старото и новото знание. Ето защо всички знания и опит, изградени и придобити в миналото на учениците, са фактор, играещ значима роля в тяхното учене. И още, интеграцията между двата предмета – математика и човекът и природата – могат да се търсят в още две основни направления: А) междупредметни връзки на равнище основни понятия и базови научни факти – познаване и осмисляне на основни понятия, свързани с процеси, закономерности и свойства на неживите и живите тела, единството в природата и значението на науката за опознаване на околната среда; Б) междупредметни връзки на равнище основни принципни положения (мирогледни и физически). Наблюдават се и връзки между когнитивни умения, използвани в двата предмета – наблюдаване, сравняване, моделиране, разпознаване, разграничаване, групиране, класифициране на процеси, вещества и организми; извършване на измервания и експерименти при спазване на правила за безопасна работа; извличане на информация от модели, схеми, графики, таблици; използване на данни за анализиране на информация за екологични проблеми. Интеграцията на учебните знания и умения по двата предмета има съществена роля за реализиране на конструктористкия подход в STEM-обучението по математика в прогимназиален етап, като се засягат най-вече обществено значими и глобални теми. (Министерство на образованието и науката, Учебни програми по човекът и природата за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка), 2023)

Технологии и предприемачество е учебния предмет, който може да предложи най-богато разнообразие от идеи и задачи, свързани с ежедневни ситуации от живота на хората и практическата им реализация. Това го прави един от основните предмети, неразривно свързани с математиката и използващи я като инструментариум. Очакваните резултати в учебната програма по предмета за 5. и 6. клас са разпределени по области на компетентности, както следва: Проектиране, планиране и оценяване на технологични процеси и обекти; Битова и производствена техника; Обработване, съглобяване и комбинирание на материали и продукти; Комуникация и контрол в бита и трудовите процеси; Организация и икономика и Агро- и зоо-технологии. Основната роля на предмета е изграждане на

технологична грамотност, както и умения за организираност и инициативност в работата. Ясно е посочено, че организацията на обучението по предмета включва интегрирани уроци и лабораторни занятия. Основни препоръчителни подходи са: разработване на проекти, работа в екип, учене чрез търсене и откриване, модулно-интегративен подход и учене чрез практика. Критериите относно приложение на конструктивисткия подход към STEM-обучението по математика, на които отговаря интеграцията между двата предмета – математика и технологии и предприемачество – са създаване на контекст за конструиране/реконструиране на знания в личен познавателен опит; създаване на контекст за извличане от детето на личен жизнен свят; създаване и поддържане на условия за продължаващо учене (учене през целия живот). (Министерство на образованието и науката, Учебни програми по технологии и предприемачество за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка), 2023)

Учебните програми по компютърно моделиране и информационни технологии за 5. и 6. клас съдържат богат набор от възможности за осъществяване на междупредметни връзки с математиката и останалите предмети. Немислимо е провеждането на актуално STEM обучение без наличието и помощта на информационните технологии. Въведена е дейността изготвяне и представяне на ученическо портфолио, което да съдържа цялостната изследователска и практическа дейност на ученика от неговата самостоятелна работа у дома или в клас. Това е важен обединяващ елемент, който играе значителна роля в съвременното обучение по всички предмети. (Министерство на образованието и науката, Учебни програми по компютърно моделиране и информационни технологии за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка), 2023)

На случаен принцип по отношение на колективи от автори и издателства са разгледани учебници по човекът и природата, технологии и предприемачество, компютърно моделиране и информационни технологии, за съответно 5. и 6. клас. Търсенето е в посока на възможности за преформулиране на задачите за самостоятелна работа на учениците и апарата за ориентиране. В учебниците по човекът и природата за 5. и 6. клас се откриват множество задачи, свързани със свойствата и характеристиките на телата и веществата: обем, маса, температура, концентрация, път, скорост, време и други. Дейностите включват наблюдение на различни вещества, тела и явления; измерване на различни величини на вещества или тела; събиране на данни; подреждане и групиране на събраните данни в таблица; създаване на диаграма по съществуваща таблица; анализ и коментар на закономерности и тенденции. Всичко това дава широко поле за създаване и осъществяване на интегрирани уроци между математика и наука, и не само.

Учебниците по технологии и предприемачество за 5. и 6. клас също съдържат множество възможности за преформулиране на въпроси и задачи и осъществяване на междупредметни връзки с математиката – вкл. дейности по измерване, изчисляване, групиране, правилна обработка на материали, конструиране на модели, експлоатация и пр. Съществува огромно разнообразие от идеи за създаването на интегративни уроци – от планирането на малък собствен бизнес (за ръчно изработени изделия, например) (включва дейности като: изчисляване на приходи и разходи; изчисляване на проценти печалби и отстъпки; събиране, изваждане, умножение и деление на десетични дробни; графично представяне на данни чрез таблици и диаграми) до създаването на дървена къщичка за птици (включва дейности като: измерване на страни и ъгли; намиране обиколки и лица на геометрични фигури; превръщане на мерни единици за дължина; изчисляване на обща площ и изчисляване на разходи за необходим материал).

Учебниците по компютърното моделиране и информационните технологии за 5. и 6. клас също предлагат отлична възможност за преформулиране на задачите за самостоятелна работа и осъществяване на междупредметна връзка с математиката: въвеждане и форматиране на данни в електронна среда (с помощта на MS Word, MS Excell, MS PowerPoint); групиране на данните и създаване на таблици и диаграми (стълбовидни, кръгови, линейни); използване на готови формули за обработка на числови данни (формули за намиране на минимален или максимален елемент в набор от данни, намиране на средноаритметично число и т.н.).

Един различен начин за осъществяването на междупредметни връзки между отделните предмети, изграждащи STEM, е тяхното обединение около определена тема. Тя би могла да бъде лично значима за учениците, обществено значима или глобална тема. Така се насърчава интереса на учениците, че разрешават конкретни значими казуси и имат своя принос в развитието на обществото и света. Примери за подходящи теми, свързани с материал от учебните програми за 5. и 6. клас са: Опазване на околната среда, Киберсигурност и дигитална грамотност, Енергийна ефективност и спестяване на ресурси, Здравословен начин на живот, Финансова грамотност и гражданско участие.

На пръв поглед, разглежданите учебни програми и учебници по предмети съдържат множество възможности за осъществяване на междупредметни връзки. Но, в действителност, традиционните методи на преподаване, които обричат учениците на пасивна роля като реципиенти на знания и в следствие възпроизвеждането им, силно ограничават осъществяването на STEM интегриран подход в цялостния му замисъл и концепция. Възможност за преодоляване на това очевидно противоречие е осъществяването на конструктивистки подход към STEM обучението по математика. В свое изследване Джесика Пател говори за противоречието между идеята на STEM интегриран подход и факта, че учителите продължават да преподават с помощта на традиционни методи. Тя изразява следното виждане, което напълно съвпада с идеята на настоящата статия: “За да се постигне ефективно интегрирано STEM образование, е необходимо да се обърне внимание на използването на конструктивистки стратегии за преподаване, които да насърчават интереса на учениците към STEM предметите.”

4. КАКВО МОЖЕ ДА ПРЕДЛОЖИ КОНСТРУКТИВИСТКИЯ ПОДХОД КЪМ STEM ОБУЧЕНИЕТО ПО МАТЕМАТИКА

Причините, поради които конструктивисткият подход към STEM обучението по математика изглежда като подходяща психолого-педагогическа основа за качествено осъществяване на актуалните реформи, са свързани с неговите основни характеристики. Клементс и Батиста (Clements & Battista, 1990) описват пет основни стълба на конструктивизма: знанието се изгражда активно от ученика, а не се възприема пасивно от заобикалящата среда; учениците изграждат нови математически конструкции чрез рефлексия върху своите физически и ментални действия; реалността е лична интерпретация на света; ученето е социален процес; а учениците не бива да повтарят готови методи, показани от учителя. Променят се целите на обучението по математика. Те следва да бъдат гъвкави и да позволяват да се осъществява ученическа активност по проучване и изследване. Темата за търсене може да бъде по конкретно зададена задача, съдържаща контекст от реалния живот или част от цял проект, по който се работи от повече ученици или по-дълго време. Проблемите и задачите са отворени, за да стимулират критично мислене. Процесите също са различни – ориентирани са към разрешаване на проблеми, отколкото към овладяване и възпроизвеждане на предварително разработено съдържание. Самоцелното и сложно решаване на дълги числови изрази, несвързани с конкретна ситуация, нямат вече място в часовете по математика. Тематичните единици следва да бъдат организирани около теми, свързани с живота и интересите на учениците. Осъществяват се множество интегративни връзки между отделните дисциплини (наука, технологии, инженерство). Обучението е базирано на задаването на въпроси и дейности, които учителят организира и които въпроси и дейности насърчават учениците в откривателство, в изследване, в издигане на хипотези, в правене на заключения въз основа на свои опит и лични открития. Учителите имат своя роля, но тя не е да предадат готови знания на своите ученици, в случая с математиката – да покажат готов работещ метод за решаване на определен тип задачи. Ролята им е по-различна – те действат като водачи, фасилитатори, насърчават учениците да поемат водеща роля в дискусии, проучвания и проекти. Много важна се оказва ролята на учителя за цялостна подготовка, организация и осъществяване на всички дейности. Робърт Славин посочва, че учителят вече не е „мъдрецът на сцената“, а „гидът от страни“ (Славин, 2004). Той не изнася лекции, а се превръща в човека, който има нелеката задача да организира средата, да създаде и поддържа атмосферата, в която учениците да бъдат откриватели, да могат да задават своите въпроси, да могат активно да конструират своите знания, да могат да открият собствен смисъл. Това включва и дейностите по подбор на теми и задачи, реализация на междупредметни връзки, както и цялостно изпълнение на даден проект.

Всички гореописани характеристики на конструктивисткия подход пасват идеално на налагащото се разбиране за STEM интегративен подход. Национален STEM център към Министерството на образованието и науката в България дава следната дефиниция за STEM – „образователна концепция, при която изучаването на природните науки, математиката, технологиите и инженерството става интегрирано, чрез прилагането на съвременни образователни технологии и интерактивни методи и е фокусирано върху реални задачи. Изучаването на учебното съдържание става чрез примери и приложения от реални свят и е насочено към формиране на STEM умения и компетентности. В тази концепция се приема, че STEM има силата да мотивира и вдъхновява учениците да се развиват в сферата на технологиите, инженерството, математиката и природните науки.” (Национален STEM център, 2024) STEM предлага възможности за преодоляване на слабости на класно-урочната система като предметна изолираност, теоретична натовареност, едностранна активност, репродуктивност,

технологична недостатъчност. Неговата сила е в предметната интеграция, изследователска ангажираност в обучението, ориентацията към връзка на учебното познание с реалностите, интерактивност, съчетаване на учене с игрови елементи, рефлексивност, работа на съвременна технологична среда, акцент върху единството знания-умения-ценности.

Защо математиката е подходяща да бъде обединяващият елемент в STEM интегративен подход. Науката, технологиите и инженерството имат ясни дефиниции и значение, както поотделно, така и в сложното им съчетание. Математиката, от своя страна, е дисциплината, която неизменно присъства в предходните три и без която те не биха могли да съществуват. Различни са вижданията на различните автори за това как математиката се осъществява в STEM интегративен подход. След преглед на немалко ресурсни материали, Кристенсен, Ларсен, Зайделин и Свабо (2024) откриват, че в повечето случаи ролята на математиката е подценена и дори засенчена от другите дисциплини. В целостта на своето изследване, авторите разработват рамка, в услуга на учителите, които планират STEM дейности, за да могат балансирано да разпределят вниманието си между отделните дисциплини и да избегнат пренебрегването на математиката. Освен това, авторите твърдят, „че може да бъде полезно да се постави по-голям акцент върху това взаимодействие, при което математическото съдържание и цели са основният фокус на STEM дейността, а останалите дисциплини или реални проблеми служат като контекст за усвояване на математиката“. (Kristensen, Larsen, Seidelin, & Svabo, 2024)

Според автора Дули Пляна (2023), въпреки, че от методична гледна точка, на пръв прочит математиката има участие от около двадесет и пет процента, нейното реално участие в STEM интегративен подход е реално по-голямо. Обяснението е свързано с факта, че математиката неизбежно си взаимодейства с останалите три дисциплини в STEM интегративен подход. „Тези дисциплини използват математически инструменти, за да наблюдават, описват и предвиждат природни явления. Науката обръща голямо внимание на природните процеси около нас, а математиката предлага структури и логически взаимовръзки, които да ги опишат. Технологиите използват математиката в широк мащаб – като цяло тя е мощен инструмент за намиране на решения. Инженерството се базира на научни концепции, за да създава скици, планове или проекти на конструкции, като прилага математиката във всеки етап от своята дейност.“ (Pllana, 2023) От друга страна, пък, математиката може да се приложи в реални житейски ситуации, без това да е непременно свързано с наука, технологии и инженерство. (Pllana, 2023)

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разглеждано през призмата на конструктивисткия подход, STEM обучението предлага значителен потенциал за обогатяване на учебния процес по математика в прогимназиален етап. Макар все още да липсва цялостна стратегическа рамка на ниво учебен план за неговото прилагане в българското образование, съществуващото учебно съдържание дава основа за развитие на междупредметни връзки, практическа насоченост и активно участие на учениците в учебния процес. Анализът на програмите и учебниците показва, че чрез целенасочени педагогически усилия е възможно изграждането на смислени образователни ситуации, в които учениците не просто усвояват знания, а ги откриват, прилагат и осмислят в реален контекст. Това превръща конструктивисткия подход не само в теоретично обоснована, но и в практически приложима стратегия за обновяване на преподаването по математика в контекста на STEM.

ЦИТИРАНИ ИЗТОЧНИЦИ

- Clements, D. H., & Battista, M. (1990, September). Constructivist Learning and Teaching. (P. Central, Ed.) *The Arithmetic Teacher*, 1(38), pp. 34-35.
- IEA's TIMSS 2023. (2024). *TIMSS 2023 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Веб сайт на IEA's TIMSS 2023: <https://timss2023.org/results>
- Kristensen, M. A., Larsen, D. M., Seidelin, L., & Svabo, C. (2024). The Role of Mathematics in STEM Activities: Syntheses and a Framework from a Literature Review. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(2), pp. 418-431. Retrieved from <https://doi.org/10.46328/ijemst.3357>
- Pllana, D. (2023). Interrelation of Mathematics within the STEM. doi:10.33107/ubt-ic.2021.479
- Министерство на образованието и науката. (2021). Учебни програми по математика за 5.-7. клас (изменени и допълнени). Извлечено от Веб сайт на Министерството на образованието и науката: <https://www.mon.bg/obshto-obrazovanie/uchebni-planove-i-programi-2/arhiv-na-uchebni-programi-po-klasove/uchebni-programi-za-v-vi-i-vii-klas/>

- Министерство на образованието и науката. (2023). Учебни програми по компютърно моделиране и информационни технологии за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка). Извлечено от <https://www.mon.bg/obshto-obrazovanie/uchebni-planove-i-programi-2/uchebni-programi/uchebni-programi-za-obsthoobrazovatelna-podgotovka/>
- Министерство на образованието и науката. (2023). Учебни програми по математика за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка). Извлечено от <https://www.mon.bg/obshto-obrazovanie/uchebni-planove-i-programi-2/uchebni-programi/uchebni-programi-za-obsthoobrazovatelna-podgotovka/>
- Министерство на образованието и науката. (2023). Учебни програми по технологии и предприемачество за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка). Извлечено от <https://www.mon.bg/obshto-obrazovanie/uchebni-planove-i-programi-2/uchebni-programi/uchebni-programi-za-obsthoobrazovatelna-podgotovka/>
- Министерство на образованието и науката. (2023). Учебни програми по човекът и природата за 5. и 6. клас (общообразователна подготовка). Извлечено от <https://www.mon.bg/obshto-obrazovanie/uchebni-planove-i-programi-2/uchebni-programi/uchebni-programi-za-obsthoobrazovatelna-podgotovka/>
- Национален СТЕМ център. (25 март 2024 г.). Цел и характеристики на СТЕМ образованието. София. Славин, Р. (2004). *Педагогическа психология*. София: Наука и изкуство.
- ЦОПУО. (5 декември 2023 г.). *Резултати от участието на България в PISA 2022*. Извлечено от Уеб сайт на Център за оценяване в предучилищното и училищното образование: https://www.copuo.bg/sites/default/files/uploads/docs/2023-12/PISA_2022_site3_1.pdf