

## ИНТЕГРИРАНО STEM ОБРАЗОВАНИЕ: СЪСТОЯНИЕ, ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ПЕРСПЕКТИВИ

**Ивелина Коцева, Мая Гайдарова**

*Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

**Резюме.** В статията е направен обзор на състоянието, предизвикателствата и перспективите пред интегрираното STEM образование (накратко i-STEM) в световен мащаб. Засегнат е въпросът за продължаващото образование на учителите като един от основните фактори за развитие на този вид образование. Разгледан е модел за повишаване на квалификацията на учителите в областта на STEM в България, базиран на интегралния подход. В заключение са очертани някои насоки за бъдеща работа.

*Ключови думи:* квалификация; продължаващо образование; интегриран подход

### Въведение

Акронимът **STEM** (от Science, Technology, Engineering and Mathematics) навлиза в образованието първо в САЩ, където именно според много автори трябва да се търси съзряването в исторически план на съвременната идея за интегриран подход в обучението по четирите дисциплини (Sanders, 2012; Kelley & Knowles, 2016). Според White (2014) предпоставките да се заговори за наука, технологии, инженерство и математика под едно общо наименование са няколко. (1) The Morrill Act (1862) – закон на Конгреса на САЩ, с който на всеки щат се предоставят безвъзмездно 12 000 ха земя за изграждането и развитието на селскостопански колежи, в които много скоро след тяхното създаване започва обучение и по инженерни програми; (2) Втората световна война, по време на която са направени много изобретения, които ще доведат до спечелването на войната и по-нататъшното развитие на STEM дисциплините; (3) Изстрелването на „Спутник“ през 1957 година, което е повод за стартиране на космическата надпревара между САЩ и бившия Съветски съюз и води до създаването през 1958 година на NASA (the National Aeronautics and Space Administration) – агенция, спонсорираща изключително много инициативи в областта на STEM образованието през последните 60 години (White, 2014).

Разбирането, че тези четири области на научно познание и практика са определящи за напредъка и просперитета на едно общество, води до идеята за тяхната

свързаност, която намира отражение в акронима STEM. В този начален етап не се говори за интердисциплинарен или интегрален подход на обучение. Реферира се само важноста на всяка от четирите области за бъдещото развитие на икономиката и създаването на кадри, отговарящи на условията на пазара на труда. Без да конкретизираме, ще приведем кратко описание на всяка една от тези области (описания, по-подробни или по-съкратени, могат да бъдат намерени на много места – например, Honey et al., 2014: 14). Тук ще се позовем на Encyclopedia Britannica.

**Science (Наука):** Систематизирано знание за физическия свят и неговите явления, постигнато на базата на наблюдения, експерименти, измервания и формулировка на закони, описващи и обясняващи недвусмислено фактите чрез общоприети термини<sup>1)</sup>.

**Technology (Технологии):** Практическо приложение на научното знание за нуждите на човешкия живот, или както още се перефразира понякога – за промяната и манипулацията на човешката среда (human environment)<sup>2)</sup>. Едно голямо неразбиране на технологиите в образованието днес е свеждането им главно до компютърните технологии, които са само една малка част от разнообразието на технологии. Също така трябва да се прави разлика между технологично образование и образователни технологии.

**Engineering (Инженерство):** Приложение на науката за оптимално преобразуване на природните ресурси в полза на човечеството<sup>3)</sup>. И още, „творческо приложение на научните принципи за изобретяването и развитието на структури, машини, апарати, производствени процеси и части, пригодени за самостоятелна работа или в комбинация; или за конструиране и опериране на същите при компетентно познаване на техния дизайн; или за прогнозиране на тяхното поведение при специфични условия на работа, като всичко това е съобразено с предварително набелязана функция и икономически план на изпълнение и с безопасността за живота и собствеността“<sup>4)</sup>.

**Mathematics (Математика):** Наука за структурите, подредбата и релациите, които възникват при броенето, измерването и описанието на формите на обектите. В нея се използват логически разсъждения и количествени пресмятания, а развитието ѝ се дължи на високата степен на идеализация и абстракция на обектите, които са предмет на изучаване<sup>5)</sup>.

Анализът на ситуацията с многото липсващи кадри със съответната професионална или научна квалификация в тези направления води до извода за необходимост от подобряване на качеството на обучение в съответните области. Става също ясно, че *Silo*-подходът на засилено, но изолирано изучаване на отделните дисциплини не носи, сам по себе си, удовлетворителни резултати, нито мотивира младите хора за по-сериозни занимания с чисто научна или практико-приложна насоченост (Roberts & Cantu, 2012). Втори подход, прилаган в STEM образованието, е *подходът на вграждане (embedded approach)* на елементи от природните науки и математиката в технологичното образование. Този подход има някои предимства

пред *Silo*-подхода, като например това, че в него се въвежда идеята за учене в разнообразни контексти (Rossouw et al., 2011). Но той има и своите недостатъци, свързани с фрагментацията на знанията и изискването част от тях да бъдат усвоени предварително. Това крие някои рискове за успеха на подхода, тъй като на входа на обучението проверката за наличност на необходимите предварителни знания не е задължителна (Chen, 2001). Решение на проблема трябва да се търси не само в задълбочаване на знанията в отделните дисциплини, но и в откриването на връзки между тях и изработването на стратегии за включване на тези връзки в учебните подходи, които да доведат до максимална полза в STEM образованието (Ostler, 2012). Това налага през последното десетилетие съсредоточаването на много усилия в разработването, реализирането и промотирането на интегралния подход.

### **Съвременни предизвикателства пред интегралния подход в STEM образованието**

#### **1. Изработване на концептуална рамка**

Целта на една концептуална рамка на интегрираното обучение е да очертае ясно ролята на всяко от четирите направления в свързана и функционираща цялост. Доскоро на природните науки и математиката (**S** и **M**) се гледаше като на представителни единици в STEM образованието, докато технологиите и инженерството (**T** и **E**) оставаха на заден план с неизяснени смисъл и роля (Cavanagh & Trotter, 2008; DiFrancesca et al., 2014; Wright et al., 2018; English, 2016). На по-ранен етап на тяхното включване дори се гледа като на формален похват за привличането на финансови средства за редица проекти (Sanders, 2012). Съвременните усилия за изграждане на смислен интегрален подход са насочени най-напред към откриване на причините за неяснотата около технологиите и инженерството и преодоляване на затрудненията около адекватното им отразяване в педагогическата практика (White, 2014). Проектът *Technology for All Americans* (2011), одобрен от Международната асоциация за технологично и инженерно образование (ITEEA), с който се утвърждават стандартите на този вид образование, определя технологиите като „начинът, по който хората променят света около тях при решаването на практически проблеми в отговор на техните нужди и желания“. Това предполага използването на проблемно базиран подход на обучение въз основа на принципите на математиката, науката, инженерството и технологиите, който включва и гъвкави и ефективни когнитивни стратегии за учене (ITEEA, 2011).

Осъществяването на интердисциплинни връзки е сложно и изисква преподавателите да поднасят учебното съдържание с преднамерената цел учениците да разбират реалните приложения на научното познание. Не може да се очаква от учениците, че те от само себе си ще могат да интегрират специфични знания от отделните дисциплини в интердисциплинен контекст (Honey et al., 2014: 5). Разбирането, че изучаването на практическите приложения на науката може

да осигури рамка на интегрирано STEM образование, се подкрепя и от стандартите *The Next Generation Science Standards* (NRC, 2012). Това ново поколение стандарти има три измерения, интегрирани в обучението на всички нива: (1) основни идеи, произхождащи от специфичното съдържание на отделните дисциплини; (2) научни и инженерни практики (от учениците се очаква не само да изучават съдържание, но и да разбират методите на работа на учени и инженери); (3) общи понятия (*crosscutting concepts*), които имат приложение във всички области, като например *образец, причина и следствие, скала, пропорция, количество, системи и системни модели, енергия и вещество, структура и функция, стабилност и промяна*<sup>6)</sup>. Виждаме, че важен елемент на тези стандарти е интеграцията между изучаването на учебно съдържание и обучението в научни и инженерни практики. Трябва да се отбележи, че NGSS акцентират еднакво както върху инженерния дизайн, така и върху научноизследователския подход.

Технологичното образование, от своя страна, е продукт на образователната промяна през 80-те и 90-те години на XX в., но за държава като САЩ то има своите корени още в индустриалната ера и така нареченото *индустриално изкуство* (*Industrial Arts*), както и в работите на DeVore (1964), Olson (1958), Ziel (1971) и други, които предлагат изучаването на индустрията да се осъществява в *технологична рамка* (Sanders, 2008; Hershbach, 1997). Технологиите, като термин, е многоизмерно понятие и за разлика от математиката или природните науки не отразява строго определена структура. Напротив, всяка съществуваща структура може да се прояви чрез специфични дейности на приложение на технологичното знание. Технологиите са интердисциплинни в много голяма степен и това ги прави трудни за изучаване в отделна учебна дисциплина (Hershbach, 1997).

На технологичното образование още от ерата на *индустриалното изкуство* с начало края на XIX в. дължим навлизането на идеите на *прогресивното образование*. Един от най-важните представители на това движение – Джон Дюи, занимаващ се по онова време с „*психология на заниманията*“, казва в описание на метода си през 1897 г. следното:

„...Ако едно дете бива поставено в пасивната роля на ученик, който само поглъща информация, резултатът е пагубен за обучението на детето. Информацията, представена на ученика, ще бъде трансформирана от ученика в нови форми, образи и символи, така че те да съответстват на неговото развитие и интереси. Това е естественото развитие. Потискането на този процес и „подмяната на детето с възрастен“ ще отслаби интелектуалното му любопитство“ (Dewey, 1897).

Тези идеи са в основата на *дейностния подход* и *ученето чрез правене*, актуални и в днешно време. Както в технологичното образование, така и при прилагането на инженерния дизайн и научноизследователския подход се акцентира върху *ученето чрез правене* като основен метод. Това поставя въпроса за начина, по който учат учениците, и за избора на подходящи педагогически методи като фундамент на всяка концептуална рамка на интегрираното STEM образование.

## 2. Теории на ученето и педагогически подходи, методи и практики

Едно съвременно систематично проучване на базите ERIC и Web of Science за релевантни спрямо ученето и преподаването в STEM образованието публикации (23 на брой) показва, че авторите на 7 от тях се позовават на *социалния конструктивизъм* (Thibaut et al., 2018), докато в останалите 16 на брой публикации няма референция към конкретна теория. Ще добавим още една публикация – тази на Todd Kelley и J. Knowles от 2016 г., която не е цитирана в изследването на Thibaut et al. и в която авторите се позовават на *ситуираната когнитивна теория*.

Както е известно, това, с което конструктивизмът опонира на бихейфиоризма и когнитивизма, е основното положение, че ученето е активен процес, в който знанието се конструира на базата на предишния опит на ученика и на собствените му хипотези за околния свят, които той тества непрекъснато чрез социално взаимодействие, за да изгради своята лична интерпретация за света (Ertmer & Newby, 1993; Cooper, 1993). Социалният конструктивизъм се основава на специфични предположения за реалността, знанието и ученето, които трябва да се познават много добре, преди да се пристъпи към изграждане на модел на обучение на базата на тази теория (Kim, 2001). Такъв модел трябва да акцентира върху сътрудничеството както между самите учещи, така и между тях и практикуващите общности (*community of practice*, CoP). Терминът *практикуваща общност* (CoP) е въведен за първи път като операционално понятие през 1991 г. от Lave и Wenger, което не означава, че практикуващи общности не са съществували и преди това или че идеята, която стои зад това понятие, е нова. Практикуващите общности са феномен, който съществува, откакто хората учат, и може да има както формални, така и неформални проявления. Те възникват спонтанно или организирано там, където техните членове споделят общи интереси в конкретна област, или там, където целта е придобиване на ново знание в определена област. И в двата случая процесът на споделяне на информация и опит води до лично и/или професионално израстване на отделните единици в общността (Lave & Wenger, 1991).

Върху засилване на развитието и влиянието на **практикуващите общности** в STEM образованието се акцентира в един препоръчителен доклад на U.S. Department of Education в сътрудничество с American Institutes for Research (AIR) от 2016 г. (Tanenbaum, 2016). От доклада се вижда, че този вид общности ще имат съществена роля в изграждането на всеки бъдещ модел на интегрирано STEM образование, базиран на социалния конструктивизъм. В доклада на ЕК (Hazelkorn, 2015), изразяващ европейската визия за STEM образованието, има само едно позоваване на термина (р.44) спрямо 16 позовавания в доклада на Tanenbaum (2016). Това различие вероятно се корени в американския прагматизъм и дългогодишните традиции на силно влияние на индустрията в американското образование (Herschbach, 1997; Sanders, 2008). Разбира се, в Европа също имаме отделни примери на държави, като Германия и Швейцария например, чийто опит в дуалното образование се доближава

до идеите на интегрираното STEM образование и от който опит България се учи през последните години, предимно в сферата на професионалното образование. Смисълът на идеята обаче, която стои зад понятието за практикуваща общност, се простира най-вече върху ученето и се отнася за всички сфери, в които трябва да се учи и да се придобиват знания и умения. С това се надяваме, че читателят няма да остане с ограничено разбиране, подведен от прагматичното съдържание на това понятие.

Първоначално практикуващите общности попадат във фокуса на внимание, за да се опише процесът на учене чрез участие и практика в подобна общност. Този род учене бива наречен *ситуирано учене* (*situated learning*) (Lave & Wenger, 1991) и има следните четири елемента: съдържание, контекст, общност и участие в общността. Поради наличието на тези елементи ситуираното учене се обяснява първоначално в термините на *социалния конструктивизъм*. Някои съвременни автори обаче твърдят, че теорията, която стои зад ситуираното учене, има корени в психологията, антропологията, социологията и когнитивните науки, което предполага по-комплексно описание на този модел на учене (Vincini, 2003). Други автори пък използват термина *ситуирано познание* вместо *ситуирано учене* (Brown et al., 1989).

Ако в изработването на рамка и модел на интегрираното STEM образование можем да се позовем на ограничен брой теории, то при конкретната им реализация в обучението имаме голям и разнообразен набор от педагогически подходи, методи и практики. Въз основа на проучените бази данни Thibaut et al. (2018) определят 9 категории и съответните им подходи, методи и практики, актуални за интегрираното STEM образование към днешна дата.

– **Интеграция на STEM съдържание** (може да се осъществи чрез: мултидисциплинен подход; интердисциплинен подход; интеграция на съдържание; интеграция на контекст; интегрирани учебни програми с равнопоставено застъпване на две или повече дисциплини; интегриране на учебни програми с фокус върху определено съдържание; експлицитно интегрирано асимилиране на понятията от две и повече дисциплини; интегриране на технологии; транслиране на представяния от различни STEM дисциплини; връзки между учебни цели, принципи, понятия и умения в специфичните за отделните дисциплини области; сливане на две и повече области на STEM съдържание). (Бел. Някои от практиките се припокриват по смисъл, макар и да имат различни наименования. Това зависи от специфичните предпочитания на различните автори в избора им на терминология.)

– **Фокусиране върху задачи/проблемите** (проблемно базиран подход; проблемно центриран подход; проектобазиран подход; дефиниране, формулиране, оценяване и решаване на проблеми; смислен/мотивиращ/включващ контекст; фокусиране върху големи/значими идеи (*big ideas*), концепции и теми; отворени, реални, автентични проблеми).

– **Проучване** (поставяне на въпроси; планиране и провеждане на изследване; събиране, анализиране и интерпретиране на данни/информация; откривателско

учене; изследователски подходи; научноизследователски подход; автентични научни практики/процеси).

– **Дизайн** (дизайн-базиран подход; създаване и използване на модели; дизайнерски решения; инженерен дизайн; аргументирана защита на дизайн; учене от грешки и редизайн).

– **Работа в група/екип** (съвместно учене; учене в сътрудничество; комуникация на информация; екипна работа; работа в малки групи; работа с другите; индивидуална/независима работа в групата).

– **Фокус върху учениците** (ученик-центрирани методи).

– **Практика (hands-on)** (практическо учене; практически дейности; ефективна работа със средствата на обучение, вкл. и дидактически).

– **Оценяване** (разбиране на погрешните схващания и ученическите възможности; използване на оценката като част от обучението; обратна връзка и формиращо оценяване; самооценяване; надграждане върху предходни знания).

– **Уменията на XXI в.** (развиване на уменията за XXI в.) (Thibaut et al., 2018: 4).

### **3. Модели на интегрирано STEM образование**

По редица причини изработването на общоприета дефиниция за интегрирано STEM образование е сериозно предизвикателство (Honey et al., 2014: 23). От една страна, имаме различни начини/модели на практическо осъществяване. Например един от моделите предполага включването на инженерен или технологичен дизайн като база за осъществяване на връзки с понятия и практики от природните науки и математиката (Sanders, 2009). От друга страна, самият термин „интегрирано“ се използва свободно и нестрого разграничено от други термини, като *обединено, интердисциплинарно, мултидисциплинарно, кросдисциплинарно и трансдисциплинарно*.

Докато авторите на цитирания по-горе доклад (Honey et al., 2014) се задоволяват с прилагането само на описателна рамка на интегрираното STEM образование (р. 32), базирана на 4 елемента: (i) цели; (ii) резултати; (iii) природа и обхват на интеграцията и (iv) приложение, то в научната литература има описани вече няколко модела. Представява интерес моделът на Kelley и Knowles (2016), базиран на ситуираната когнитивна теория, в който следните 4 елемента: (1) инженерен дизайн; (2) научно изследване; (3) технологична грамотност; и (4) математическо мислене, формират подвижен механизъм, задвижван от практикуващата общност (CoP). Характерно за моделите е, че те не са приложими във всички ситуации. Така и този модел (по думите на авторите му) няма да бъде приложим в случаите на природонаучно съдържание, което е теоретично изградено и не може да бъде преподавано чрез дизайн-базирани методи (р. 5). Вторият елемент на метода изисква висока степен на познание и активно участие от страна на учители и ученици, а технологичната грамотност често убягва по смисъл и дори бива смесвана с инженерната:

„Инженерството се различава от технологиите по това, че то е професията, която включва развитието и производството на технологии, докато по-широкото поня-

тие за технология съдържа в себе си и измерения на потребителя, свързани както с човешки потребности, така и с икономически, социални, културни или свързани с околната среда аспекти на решаването на проблеми и създаването на нови продукти“ (Barak, 2013: 318, цитирано в Kelley & Knowles, 2016).

От този цитат се вижда, че технологиите имат своите инженерни перспективи, което позволява съвместното изучаване на двете дисциплини в една обща (Barak, 2013). Но технологиите имат и хуманна перспектива, от гледната точка на която технологиите не са само проста сума от средства, инструменти, артефакти, процеси и системи. Те притежават нееднозначно влияние върху социокултурните структури независимо от намеренията на потребителите, както и собствен социално-икономически потенциал за конкуриране с редица обществени ценности. Резултатът от прилагане на технологиите може да бъде очаквано или неочаквано добър или лош (Kelley & Knowles, 2016).

Моделът **PIRPOSAL** (Problem Identification, Ideation, Research, Potential Solutions, Optimization, Solution Evaluation, Alterations, Learned Outcomes) за интегрирано STEM обучение е дизайн-базиран модел на учене, много близък до начина, по който работят и мислят инженерите (Wells, 2016). Централно и свързващо звено между всички фази на модела е задаването на въпроси, което стимулира дивергентното и конвергентното мислене на учениците по време на тяхната работа. Самото наименование съдържа в себе си фазите, през които преминава този процес: (1) идентификация на проблема (дефиниране, формулиране); (2) генериране на идеи, скици, чертежи на едно или повече възможни решения; (3) изследване, проучване, придобиване на нови знания от всички области – природни науки, технологии, инженерство и математика, които имат отношение към решението; (4) анализ на различните и характерни за отделните дисциплини елементи на всяко потенциално решение, последван от визуализация на решенията на задачата и избор на едно или повече от тях; (5) оптимизация – оценка на компонентите чрез експеримент, който установява колко добре функционира всеки един от тях във всяко от избраните потенциални решения; преоценка и конструиране на прототип; (6) оценяване на решението – прототипът служи за тестване на концепцията на дизайна чрез опити, събиране и анализиране на данни, наблюдения; следват евентуални подобрения на прототипа и заключение, базирано на интерпретация на данните; (7) промяна – рядко се случва първоначалният дизайн да е успешен, което води до редизайн; (8) учебни резултати – в тази фаза се изисква от учениците да представят визуално, вербално или писмено новите знания и умения, които са придобили при изпълнение на задачата; дискусиата върху процеса разкрива процедурните и декларативните знания на ученика, а дискусиата върху итерациите разкрива въпросите, които ученикът си е задавал и които отразяват процеса на смяна на конвергентно с дивергентно мислене и обратно (Wells, 2016). Могат да бъдат открити и описания на приложение на интегрален подход към STEM в специфични контексти и съдържание (Campbell&Jobling, 2014; Bers et al., 2013 и др.).

### **Професионалната квалификация на учителите**

Много съвременни изследвания показват, че i-STEM образованието значително бива подпомогнато, когато учителите имат достатъчно знания от съдържанието на съответните дисциплини, които преподават. От друга страна, тясната специализация на учителите само в една област определя и тяхната „зона на комфорт“, в която те се чувстват най-сигурни, до степен, в която могат да изграждат така наречените *стълбове на образованието (educational silos)* (за какъвто се смята например математиката). Дори един учител да има нужната квалификация да преподава повече от една дисциплина, какъвто е масовият случай в българското училище, пак роля ще играе субективният фактор на предпочитание към една от дисциплините. Друг важен фактор за успешното обучение на учениците е педагогическата подготовка на учителите. Например един учител може да познава достатъчно добре дадено учебно съдържание, но да се чувства неподготвен в прилагането на изследователски подходи (често погрешно се смята, че става дума само за научноизследователски подход).

В проучване (Nadelson et al., 2012), проведено сред учители, участващи в квалификационен курс в областта на i-STEM, на изследване подлежи влиянието на фактори като: степен на познаване на учебното съдържание, компетентно използване на изследователски подходи, разбирания на учителите за STEM образованието, от една страна, и афективни променливи, като чувства на удобство, тревожност, ефикасност, от друга. Има доказателства за тясна връзка между афективните фактори и ефективността на един учител (Darling-Hammond & Bransford, 2007), между комфорта, който един учител изпитва в дадена съдържателна област, и резултатите на учениците, както и техните възприятия за STEM (Beilock et al., 2010). Мотивацията и удовлетвореността също биват изследвани, и то в корелация с останалите.

Предизвикателствата на XXI в. повдигат въпроса за професионалното развитие на учителите, тяхното продължаващо образование и форми на сътрудничество с практикуващите общности (Darling-Hammond, 2006; Wang et al., 2011; Donna, 2012; Luft & Hewson, 2014). Ако досега фокусът беше върху това какви знания и умения трябва да придобият учениците, за да бъдат конкурентоспособни на пазара на труда през XXI в., през последните години все повече внимание се насочва към обучението на учители, които да подготвят младите хора за бъдещето, и то в парадигмите, които този век налага. Трябва да се отбележи, че много от действащите учители в момента в България, а и не само, трябва да преподават по начини, по които те самите не са били обучавани, което означава, че продължаващото образование, квалификационните курсове, както и сътрудничеството между институциите ще бъдат решаващи за възможността да се постигнат качествени резултати в i-STEM.

### **Модел на квалификационен курс за обучение на учители в областта на i-STEM**

Този модел бива реализиран в рамките на проект за въвеждане на знания по климатични промени и енергийна ефективност в училище, организиран от Нацио-

налния доверителен екофонд на България, като част от широка европейска инициатива за климата (EUKI<sup>7)</sup>), подкрепена от Германското федерално министерство на околната среда, опазването на природата и ядрената безопасност. Този проект е иновативен за България от гледна точка на i-STEM, първо, с това, че има широко представителство на практикуващи общности сред участниците в него: не само учители, директори на училища и университетски преподаватели, подготвящи учители, но и експерти по темата на много високо ниво и други заинтересовани страни (TICA, 2019). Работата по този проект доказва, че много глобални предизвикателства, включително „климатичните промени, пренаселването, ресурсният мениджмънт, селскостопанската продукция, здравеопазването, биоразнообразието и намаляващите енергийни и водни източници“ имат нужда от интегрален международен подход, подкрепен от по-нататъшно развитие на науката и технологиите за адекватен отговор на тези предизвикателства (Thomas & Watters, 2015: 42).

Второ, подходът към разработването на учебното съдържание по проекта е както мултидисциплинарен и интердисциплинарен, така и интегрален, а изпълнението на обучението – йерархично, т.е. от експерти към университетски преподаватели, от университетски преподаватели към учители и от учители към ученици, с приключен към този момент етап на обучение на учителите. Следва описание на всяко от нивата на обучение, започвайки от най-високото, съответният подход на обучение и съдържанието.

**(I ниво) Експерти по темата:** експерти и съветници на високо ниво, икономисти, представители на неправителствени организации, университетски преподаватели, инженери.

**Подход на обучение:** мултидисциплинарен, т.е. една и съща тема се представя от различните гледни точки на отделните експерти, организации или дисциплини.

**Съдържание:** същност на климатичните промени; сценарии за очакваните климатични промени; оценка на климатичните промени в България; последици и рискове от климатичните промени; доклади на IPCC; глобални и регионални климатични модели; международни договорености; икономически механизми; политики и действия в Европа и България; цели; енергийни източници и енергийна ефективност в сгради; добри практики и мерки за повишаване на енергийната ефективност и др..

**(II ниво) Университетски преподаватели:** обучители на учители, методисти по физика, химия, биология, география и в предучилищната и началната степен на образование.

**Подход на обучение:** интердисциплинарен, т.е. представените на по-горното ниво концепции са база за разработване на ново учебно съдържание, но в контекста на различни учебни дисциплини, като физика, химия, биология и география например.

**Съдържание:** същите глобални теми от по-горното ниво се трансформират в ново учебно съдържание, съобразено с учебното съдържание на предметите „Чо-

векът и природата“ за V – VI клас, „Физика“, „Химия“, „Биология“ и „География“ за VII клас. (Заб. Проектът се изпълнява и в началната степен, където се вземат предвид други учебни предмети.)

### **(III ниво) Учители**

**Подход на обучение:** интегрален, т.е. учителят може да избира измежду различните модули на учебно съдържание (физика, химия, биология или география), разработено на по-горното ниво, и разполагайки с право на достъп до всички ресурси, да ги приложи на практика в ежедневната си работа с ученици.

**Съдържание:** учителите работят с методическите указания, свитъците със съдържание, работните листове и други ресурси, създадени на по-горното ниво.

Следва да представим съдържателна концептуална рамка по темата от гледна точка на обучението по физика, разработена в 5 модула.

#### **Модул 1. Устойчиво развитие**

*Ключови подтеми и понятия:* устойчиво развитие; индикатори за устойчиво развитие.

*Свързани области:* икономика, социология, екология и др.

#### **Модул 2. Време и климат**

*Ключови подтеми и понятия:* време; климат; атмосферна обвивка на Земята; процеси в атмосферата – нагряване и изстиване, изпарение и кондензация, движение на въздуха; атмосферно налягане; наклон на земната ос и движение на Земята около Слънцето; слънчево излъчване; албедо; температура; влажност (абсолютна и относителна); количество валежи; конвекция; ветрове; физически свойства и характеристики на водата; кръговрат на водата в природата; морски и океански течения; природни бедствия; прогнозиране на времето.

*Свързани области:* физика, химия, геофизика, география, астрономия, метеорология и др.

#### **Модул 3. Климатичните промени – причини и следствия**

*Ключови подтеми и понятия:* парников ефект; парникови газове; глобално затопляне; топене на ледниците; повишаване на нивото на океаните; замърсяване на въздуха; промяна в режима на валежите; засушавания; наводнения; влияние върху биологичното разнообразие; антропогенни и неантропогенни фактори.

*Свързани области:* химия, физика, биология, география, екология, икономика, технологии, индустрия, селско стопанство и др.

#### **Модул 4. Енергийни източници и тяхното използване**

*Ключови подтеми и понятия:* енергия; видове енергия като свойство на системите, които я притежават – механична, топлинна, електрическа, атомна, химическа и др.; единици за енергия; преобразуване на енергията от един вид в друг; невъзобновяеми и възобновяеми енергийни източници; нови технологии за производство на чиста енергия; потребление на енергия.

*Свързани области:* физика, химия, биология, география, биотехнологии, икономика, енергетика, индустрия, инженерство, технологии и др.

### **Модул 5. Ефективно използване на енергийните ресурси – за намаляване на климатичните промени**

*Ключови подтеми и понятия:* топлинна енергия; коефициент на топлопроводност на сгради; инсталации за отопление; електроенергия; светлинен добив; отоплителни денградуси; устойчиво строителство; енергийна ефективност.

*Свързани области:* физика, енергетика, топлотехника, архитектура и др.

Участието на учителите в петдневните обучителни семинари се изразяваше в редица дейности, като: запознаване с нови концепции; провеждане на дискусии по петте модула; решаване на задачи; практическа работа с работните листове и техническите измервателни средства; работа в групи; обсъждане на въпроси и генериране на идеи, свързани с бъдещата им работа с учениците по проекта.

Голяма част от учителите изразиха мнение, че с участието си в този проект са имали уникалната възможност: (1) да придобият нови знания по актуална тема; (2) да актуализират своите предметни знания в нов контекст; (3) да мотивират своите ученици за придобиване на знания в областта на природните науки чрез включването им в практически дейности, свързани с изпълнението на проекта. Възможно е впоследствие (проектът е все още в изпълнение) този модел на i-STEM образование да се усъвършенства и прилага под формата и на други инициативи.

### **Заклучение**

Бързото развитие на отделните науки през последните десетилетия се дължи не само на тяхната диференциация, но и на тяхната интеграция. Не по-малко сложни са и процесите в обществото и образованието, а „тяхното описание и обяснение не може да стане без използването на сложен интердисциплинарен и мултидисциплинарен инструментариум“ (Toshev, 2012: 7). И още, „научната и практическата дейност в образованието има нужда от подходяща среда за ефективна дискусия и обмен на мнения, резултати и добри практики“ (пак там).

Идеята за STEM образованието има корени в далечното минало, но едва през последните едно-две десетилетия стана съвсем ясно, че нейното развитие ще успее, ако успее идеята за i-STEM – интегрираното STEM образование. Тази идея няма за цел да отмени обучението по отделните дисциплини, а напротив – да го подпомогне и допълни чрез всички формални и неформални средства навсякъде, където това е възможно.

В обзора на тази статия се позовахме на няколко модела на i-STEM, включително и един иновативен за България. На базата на този модел виждаме голям потенциал за развитие на идеята чрез подходящо в тази насока продължаващо образование на учителите, които са винаги на предната линия на

българското образование. Това е и една от целите на ЕС, поставена в доклада на ЕК *Science Education for Responsible Citizenship* (Hazelkorn, 2015):

„Качеството на преподаване, от предварителната подготовка и стажантската практика на бъдещите учители до професионалното развитие след назначаване на работа, трябва да бъде подкрепяно в посока подобряване на дълбочината и качеството на резултатите от учебния процес. За тази цел следва:

- да се предприемат постоянни действия за подобряване компетентността на учителите и знанията им в съответните дисциплини;

- да се привличат по-висококвалифицирани и мотивирани хора към учителската професия, както и да се подобрят статусът и престижът на професията;

- да се положат усилия за внедряване на резултатите от изследванията в областта на обучението по природни науки в обучението на учителите, в разработването на учебните програми, в преподаването и ученето и в оценяването за ученето (*assessment for learning*);

- постоянното професионално развитие да стане изискване и право на всички учители по време на цялата им професионална кариера“ (р. 31).

Смятаме също така, че в i-STEM ще навлязат още много нови модели в отговор на все по-голямото разпространение на идеята към всички останали дисциплини (идеята за STEAM). Първоначално добавянето на буквата „А“ в акронима беше свързано с добавяне на изкуствата (Arts, на англ.ез.) в общата рамка, но се видя, че тази буква може да служи като заместител на всички (All, на англ.ез.) останали дисциплини извън STEM. Отношението към STEAM, изразено в доклада на Hazelkorn et al. (2015), е следното:

„Обучението по природни науки трябва да се фокусира върху компетентностите с акцентирание върху ученето чрез наука и върху прехода от STEM към STEAM чрез свързване на природните науки с другите предмети и дисциплини“ (р. 30). Дадени са следните препоръки (накратко).

- По-голямо внимание трябва да бъде отдадено на всички дисциплини и как интердисциплинарите връзки (в това отношение STEAM заменя STEM) допринасят към нашето разбиране и познаване на научните принципи и разрешаването на обществени предизвикателства.

- Образователните институции на всички нива следва да лансират разбирането за обучението по природни науки като средство за придобиване на ключови компетентности, улесняващо прехода от обучение към работна заетост (*education to employment*). Това може да бъде постигнато чрез учене за природните науки чрез други дисциплини и обратно, а също и чрез засилване на връзките и синергията между природните науки, творчеството, предприемачеството и иновациите“ (пак там).

На много места в цитирания по-горе доклад на ЕК се набляга на схващането, че е необходимо „всички заинтересовани страни“ да положат усилия в полза на интегрираното обучение. Все едно дали си служим с термините „заинтересовани

страни“, или „практикуващи общности“, след направения анализ сме обнадежени, че процесите на интеграция в образованието ще се засилват на всички нива, и то в името на едно качествено съвременно образование.

### **Благодарности**

Тази публикация е осъществена с подкрепата на Националната научна програма „Млади учени и постдокторанти“.

Авторите изказват благодарност и на екипа от Националния доверителен екофонд на България, който организира от българска страна изпълнението на упоменатия по-горе Проект за въвеждане на знания по климатични промени и енергийна ефективност в училище.

### **БЕЛЕЖКИ**

1. <https://www.britannica.com/search?query=Science>
2. <https://www.britannica.com/search?query=Technology>
3. <https://www.britannica.com/technology/engineering>
4. <https://www.sciencedaily.com/terms/engineering.htm>
5. <https://www.britannica.com/science/mathematics>
6. <https://ngss.nsta.org/>
7. [www.euki.de](http://www.euki.de)

### **REFERENCES**

- Barak, M. (2013). Teaching engineering and technology: cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11(3), 316 – 333.
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G. & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1860 – 1863.
- Bers, M., Seddighin, S. & Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355 – 377.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*, 18(1), 32 – 42.
- Campbell, C. & Jobling, W. (2014). STEM education: Authentic projects which embrace an integrated approach. *Australasian journal of technology education*, 1, 29 – 38.

- Cavanagh, S. & Trotter, A. (2008). Where's the "T" in STEM? Retrieved June 21<sup>st</sup>, 2019, from [www.edweek.org/ew/articles/2008/03/27/30stemtech.h27.html](http://www.edweek.org/ew/articles/2008/03/27/30stemtech.h27.html)
- Chen, M. (2001). A potential limitation of embedded-teaching for formal learning. In *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 194 – 199). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cooper, P. A. (1993). Paradigm Shifts in Designed Instruction: From Behaviorism to Cognitivism to Constructivism. *Educational Technology*, 33(5), 12 – 19.
- Darling-Hammond, L. (2006). Constructing 21st-century teacher education. *Journal of teacher education*, 57(3), 300 – 314.
- Darling-Hammond, L. & Bransford, J. (Eds.). (2007). *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do*. John Wiley & Sons.
- DiFrancesca, D., Lee, C. & McIntyre, E. (2014). Where Is the "E" in STEM for Young Children? Engineering Design Education in an Elementary Teacher Preparation Program. *Issues in Teacher Education*, 23(1), 49 – 64.
- DeVore, P. W. (1964). *Technology: An intellectual discipline*. Washington, DC: American Industrial Arts Association.
- Dewey, J.. (1897). My pedagogical creed. *School Journal*. 54. pp. 77 – 80. Retrieved on 21<sup>st</sup> May, 2019 from <http://dewey.pragmatism.org/creed.htm>
- Donna, J. D. (2012). A model for professional development to promote engineering design as an integrative pedagogy within STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(2), 2.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance improvement quarterly*, 6(4), 50 – 72.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., ... & Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship. Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education.
- Herschbach, D. R. (1997). From industrial arts to technology education: The eclipse of purpose. *Journal of Technology Studies*, 23(2), 20 – 28.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- International Technology and Engineering Education Association [ITEEA]. (2011). *Technology for All Americans Project*. Reston, VA: Author.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11.

- Kim, B. (2001). Social constructivism. *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*, 1(1), 16.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Luft, J. A. & Hewson, P. W. (2014). Research on teacher professional development programs in science. *Handbook of research on science education*, 2, 889 – 909.
- Nadelson, L. S., Seifert, A., Moll, A. J. & Coats, B. (2012). i-STEM summer institute: An integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education: Innovation and Outreach*.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Olson, D. W. (1957). *Technology and industrial arts*. Champaign: University of Illinois, College of Education, Office of Field Services.
- Ostler, E. (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(1).
- Roberts, A. & Cantu, D. (2012, June). Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum. In *PATT 26 Conference; Technology Education in the 21st Century; Stockholm; Sweden; 26–30 June; 2012* (No. 073, pp. 111 – 118). Linköping University Electronic Press.
- Rossouw, A., Hacker, M. & De Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: An international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409 – 424.
- Sanders, M. (2008). The nature of technology education in the U.S. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Sanders, M. E. (2012). Integrative STEM education as “best practice”. Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia.
- Tanenbaum, C. (2016). STEM 2026: A vision for innovation in STEM education. *US Department of Education, Washington, DC*.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... & Hellinckx, L. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 2.
- Thomas, B. & Watters, J. J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45, 42 – 53.
- TICA. (2019). Project “Towards Climate Action as an Element of the educational programs in Bulgarian schools”. Retrieved on 14<sup>th</sup> July, 2019 from <https://ecofund-bg.org/wp-content/uploads/2019/02/TICA-resume-BG.pdf>.

- Toshev, B. (2012). Science education in the science of education. Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education, Volume 21, Number 1 [In Bulgarian].
- Vincini, P. (2003). The nature of situated learning. Innovations in learning, 1-4.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H. & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.
- Wells, J. G. (2016). PIRPOSAL model of integrative STEM education: Conceptual and pedagogical framework for classroom implementation. *Technology and Engineering Teacher*, 75(6), 12.
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1 – 9.
- Wright, G. A., Reeves, E., Williams, J., Morrison-Love, D., Patrick, F., Ginestié, J., ... & Graube, G. (2018). Abridged International Perspectives of Technology Education and Its Connection to STEM Education. *International Journal of Education*, Macrothink Institute, 10 (4), pp. 31.
- Ziel, H. R. (1971). Man, Science, Technology: An Educational Program.

## INTEGRATIVE STEM EDUCATION: STATE, CHALLENGES AND PERSPECTIVES

**Abstract.** A review of contemporary state, challenges and perspectives of integrative STEM education (i-STEM) worldwide is presented in this article. The issue of continuing education of teachers is outlined as one of the main factors for the development of this kind of education. A model for advancing the STEM teachers' qualification in Bulgaria based on the integral approach is considered. In conclusion, some guidelines for future work are introduced.

**Keywords:** integrative STEM education; models of integrative STEM education; professional development.

✉ **Dr. Ivelina Kotseva, Assist. Prof.**

ORCID iD: 0000-0003-2932-7069

**Dr. Maya Gaydarova, Assoc. Prof.**

ID (SCOPUS) 1400 7223 9000

Department of Physics Education

Faculty of Physics

University of Sofia

Sofia, Bulgaria

E-mail: iva\_georgieva@phys.uni-sofia.bg  
mayag@phys.uni-sofia.bg