

ОСНОВНИ ДИДАКТИЧЕСКИ АСПЕКТИ, СВЪРЗАНИ С ПРИЛАГАНЕ НА STEM ТЕХНОЛОГИЯТА В ОБУЧЕНИЕТО ПО ПРИРОДНИ НАУКИ

Христина Петрова

Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Резюме. STEM технологията е иновативна образователна технология. Тя е насочена към развитие на интелектуалните способности на учениците, към конструктивна и познавателно-изследователска дейност и техническо творчество. В статията са представени основните дидактически аспекти, свързани с прилагане на STEM технологията в обучението по природни науки. Акцентираща се на практическите задачи с проблемен характер, които позволяват да се формират компетентностите на XXI век – креативност, комуникация, сътрудничество и критично мислене. Представени са организацията на учебния процес, формите на учебната работа и новата педагогическа роля на учителя. Разглеждат се образователните компютърни симулации и образователните роботи като дидактически средства за реализиране на STEM технологията при изучаване на природните науки, в частност в обучението по физика.

Ключови думи: проектно базирано обучение; STEM технологии; обучение по природни науки; умения на XXI век

Увод

Качеството на съвременното образование все повече се свързва с т.нар. функционална грамотност на учащите. Тя е способността им да се адаптират към съвременната действителност, да възприемат новото, да работят творчески и да прилагат получените знания за решаване на жизненоважни задачи.

Това, от своя страна, предполага необходимост от разработване на технологии, насочени към развитие на интелектуалните способности на учениците, към познавателно-изследователска и конструктивна дейност и техническо творчество.

Технологията STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) е свързана с изучаването на природните науки чрез проекти, в които по естествен начин са интегрирани научното знание, инженерните идеи и проектиране, информационните технологии и математическото моделиране (Carrao & Nan 2014; Becker & Park 2011; Bybee 2013). Може да се каже, че това е опит за

развитие на ефекта на синергията при познаване законите на обкръжаващия ни свят.

Дидактически аспекти на технологията STEM в обучението по природни науки

Според нас при прилагане технологията STEM в обучението по природни науки се реализират основните дидактически цели:

- формиране на знания и разбиране на фундаментални научни понятия и закони;
- формиране на компетентностите на XXI век – креативност, комуникация, сътрудничество, критично мислене;
- формиране на умения за проектиране и за провеждане на изследване;
- формиране на умения за използване на лабораторно оборудване, цифрови средства за измерване, за снемане на експериментални данни и анализ на резултати;
- формиране на умения да се прилагат знанията на практика, оценъчни умения, умения за вземане на решения.

Ученикът е активен субект на учебно-възпитателния процес. Основният фокус за него е разбиране и прилагане на знанията на практика.

При STEM технологията предметните знания са интегрирани в съдържанието на практически задания. Тези задания обикновено са лабораторни работи с елемент на изследване.

Представяме наш опит за систематизиране на предметните знания с оглед реализиране на междудисциплинарния подход. От точните науки физика и химия това са знанията за материя, движение, енергия, вълни и приложението им за предаване на информация и др. От биологичните науки това са знанията от молекули до организми (структура и процеси), знания за взаимодействие, енергия и динамика в екосистемите, знания за наследственост и изменчивост, знания за биологична еволюция (единство и разнообразие) и др. От инженерните науки и технологии това са знания за инженерно проектиране, за връзка между инженерство, технологии, природни науки и общество.

За реализиране на междудисциплинарния подход са необходими и т.нар. обобщаващи понятия, като закономерност, причинно-следствени връзки, система, модел на системата и др.

Предметните знания не се съобщават на учениците в готов вид, както е при традиционния формат на обяснение на новия материал. Те се дават във вид на информационни дидактически материали, съдържащи кратки пояснителни текстове и връзки към специално подбрани информационни ресурси от интернет. Тези знания встъпват в ролята на средства за решаване на учебните задачи. Без да се запознаят учениците с новото понятие или закономерност, не могат да изпълнят задачата.

STEM технологията предполага включване в учебния процес и на инженерни идеи. Целта е да се научат учениците да мислят като инженери и да прилагат знанията си на практика при решаване на конкретни задачи. Нивото на инженерните задачи е различно. Например учениците от VI до VIII клас съставят инженерни задачи, които могат да се решат чрез създаване на обект, инструмент, процес или система. Учениците от IX до XII клас съставят инженерни задачи, които включват развитие на процеса или системата с взаимодействащи помежду си компоненти.

Изучаването на природните науки чрез STEM технологията се основава на системно-действиен подход, на конструктивисткото разбиране на процеса на учене и на проектно-изследователския подход. Практическата работа на учениците – проектна, изследователска, лабораторна, изпълнява водеща роля в учебния процес.

Ние разглеждаме „учебния проект“ като вариант на практическа задача с проблемен характер, чието решение група ученици търсят самостоятелно, опирайки се не на готова инструкция, а на въпроси от открит тип.

Проблемното обучение е ефективно средство за усвояване на приложими и трайни знания и умения; за мотивираща активност на учащите и за изграждане на научния им светоглед. Представяме учебни проблеми по физика, които могат да се прилагат при реализиране на STEM технологията: проблеми за проектиране и конструиране; проблеми за предсказване и прогнозиране; проблеми за установяване на нови връзки и закономерности (Lechner & Engeman 1990). Проблемите за проектиране и конструиране имат за цел конструиране на опитни постановки, уреди и устройства на основата на физични знания, технически принципи и умения. Целта на проблемите за предсказване и прогнозиране е предсказване на явление, резултат или прогноза за протичането на даден процес. При решаване на проблеми от този вид може да се достигне до проектиране и конструиране. Проблемите за установяване на нови връзки и закономерности предполагат установяване на количествени математически зависимости между физични величини. Възможните начини за решаване на проблеми от този вид са: получаване на формулата чрез експериментално изследване или дедуктивно извеждане на формулата.

Методиката за изпълнение на практическата задача от учениците включва следните елементи: (1) поставяне на изследователския въпрос; (2) формулиране на хипотеза; (3) проектиране на уред, постановка за провеждане на експеримента; (4) провеждане на експеримента; (5) снемане на данни; (6) анализ на експерименталните резултати и съпоставянето им с хипотезата или идеята за решаване.

В основата на предложената методика е инженерният подход, чрез който се създава модел на обекта, процеса или явлението, които ще бъдат изследвани.

Според нас практическите задания на учениците трябва да отговарят на определени дидактически изисквания: (1) да са интересни за учениците; (2) да формират умения за креативност, комуникация, критично мислене; (3) да предполагат усвояване на учебния материал на различни нива: понятийно, репродуктивно и творческо; (4) да развиват умения за сътрудничество между участниците в образователния процес; (4) да има възможност за контрол и самоконтрол.

Включването на ученика в експериментална дейност води до пълно осъзнаване на самите действия (познавателни, практически), на тяхната роля за усвояване на новото знание. Това са съществени признаци на интелектуалната рефлексия (Vasilev 2006).

Когато ученикът съзнателно моделира експеримента съобразно практическото приложение на знанията, се актуализира т.нар. праксеологическа рефлексия. При нея акцентът е върху практическата приложимост на усвоените теоретични знания. По такъв начин ученикът осъзнава смисъла на собствените знания и умения и се подготвя за тяхното прилагане в живота (Vasilev et al. 2006).

Относно организацията на учебния процес учениците решават практическите задачи в малки групи (2 – 4 души) с помощта на лабораторни експерименти. Те отговарят на въпроси, проектират прибори, конструират опитни постановки. Учениците изпълняват заданията чрез информационна среда, използвайки компютри. Всеки от тях представя индивидуален отчет за извършената работа.

Формите на учебна работа, които се реализират, са: изпълнение на практическите задания; демонстрация на експерименти, постановки и обсъждане на учебни проблеми; дискусия с цел интерпретиране на резултатите от практическата работа на учениците; конференции, презентации, защита на проекти.

При прилагане на STEM технологията се реализира практически ориентиран образователен процес. При това педагогическата роля на учителя се променя (Rasku-Puttonen et al. 2004; Beck 1997; Pesotskiy 2002). Той престава да бъде основен източник на информация и главно действащо лице в образователния процес. Най-важната роля на учителя е педагогическият дизайн. Учителят разработва самостоятелно или с помощта на експерти учебни материали, практическите задания, тестове, критерии за оценяване. Той е помощник, консултант. Наблюдава работата на учениците, реализира обратна връзка и оценява.

Според нас оценката на учебните резултати би могла да се осъществи по три начина: оперативна обратна връзка, качествено текущо оценяване на всяка практическа работа и критериално оценяване на резултатите. Оперативната обратна връзка се прави по време на изпълнение на практическата задача.

Учениците получават задания не с цел проверка на налични знания и умения, а за тяхното формиране. Ето защо основната форма на оценяване е т.нар. формиращо оценяване.

Компютърните симулации са ценно дидактическо средство за реализиране на STEM технологията при изучаване на природни науки. Те са интерактивни модели. Динамичното свързване на обектите е най-важното им качество. Те имат многопластова структура, което предполага задълбочено разбиране и осмисляне на обектите и явленията от учащите. Това, от своя страна, улеснява прилагането им в подобни ситуации от реалния живот.

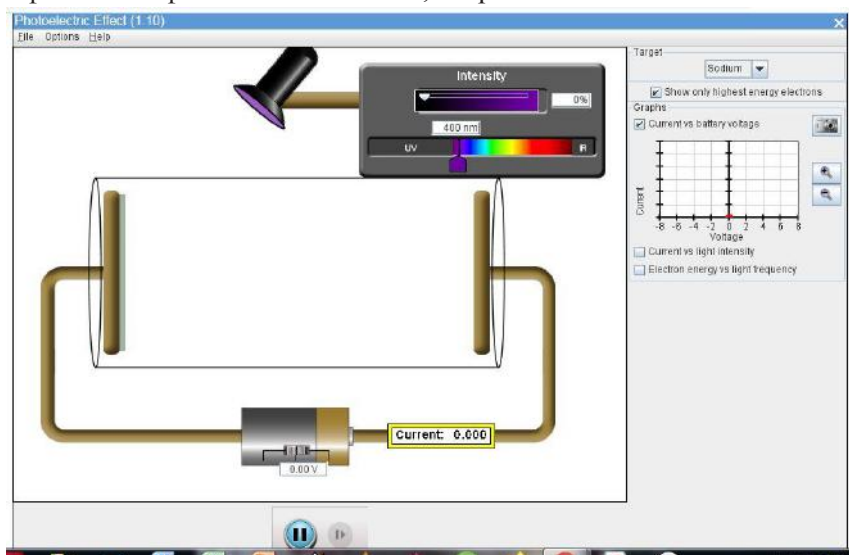
Масщабният образователен проект The Physics Education Technology Project¹⁾ (2003 - 2005) се осъществява от учени в областта на обучението по физика в Университета в Колорадо (САЩ). Целта на Проекта е създаване на съвременни интерактивни компютърни модели, разработени на основата на Java и Flash технологии. Първоначално той е технология на обучението по физика, но постепенно обхваща и други природонаучни дисциплини, като химия, биология, география и математика. Включва 158 интерактивни симулации. Целите на Проекта за учителите са: създаване на класна стая, ориентирана към ученика; създаване на ефективна интерактивна учебна среда; възможност за адаптиране на дейности за различни цели на обучението и различни образователни нива; реализиране на обратна връзка. Целите на Проекта за учениците са: постигане на ефективно обучение чрез разбиране смисъла на визуалните модели, откриване на причинно-следствени връзки, свързване на симулациите с реалния живот. Обучението на ученика се насочва чрез изследване. Той възприема науката като достъпна, приятна и разбираема.

Авторите Wieman и Perkins отбелязват, че задълбочено разработената симулация се оказва педагогически по-ефективна от лабораторното оборудване. Те извеждат основните принципи за проектиране на компютърни модели: (1) управлението на модела трябва да бъде интуитивно разбрано; (2) графичният интерфейс трябва да удовлетворява условието „кликни“ и „премести“; (3) учениците имат възможност да управляват всяка физична конфигурация (Wieman & Perkins 2005).

PhET симулациите¹⁾ за обучението по физика са организирани в следните категории: движение, работа, енергия и мощност, звук и вълни, топлинни явления, електричество и електрически вериги, светлина и радиация, квантова физика. Представят се физични обекти и явления, които по друг начин не могат да се наблюдават, като атом, електрон, фотон, електрично поле, магнитно поле и др. Когато е възможно, те свързват учебния предмет физика с практиката, бита и ежедневието. Имат интуитивен интерфейс. В тази връзка, са достъпни и лесни за прилагане в обучението по физика. Използваните модели са анимирани и много добре онагледени. В рамките на една симулация се виждат изображения, графики, могат да се реализират количествени измервания. За тази цел се използват измервателни инструменти: линия, хронометър, волтметър, амперметър, термометър.

Интерактивните симулации изпълняват важни дидактически функции в обучението по физика. Те могат да се използват при формиране на нови знания за физични величини и физични закономерности. Позволяват да се фокусира вниманието на учениците върху най-важните характеристики на разглежданите обекти и явления. Симулациите са особено полезни при разкриване на причинно-следствени връзки между физичните величини. Те дават възможност за надграждане на знанията на учениците, провокират мисловната им дейност. В този смисъл, те насърчават продуктивни съвместни дейности.

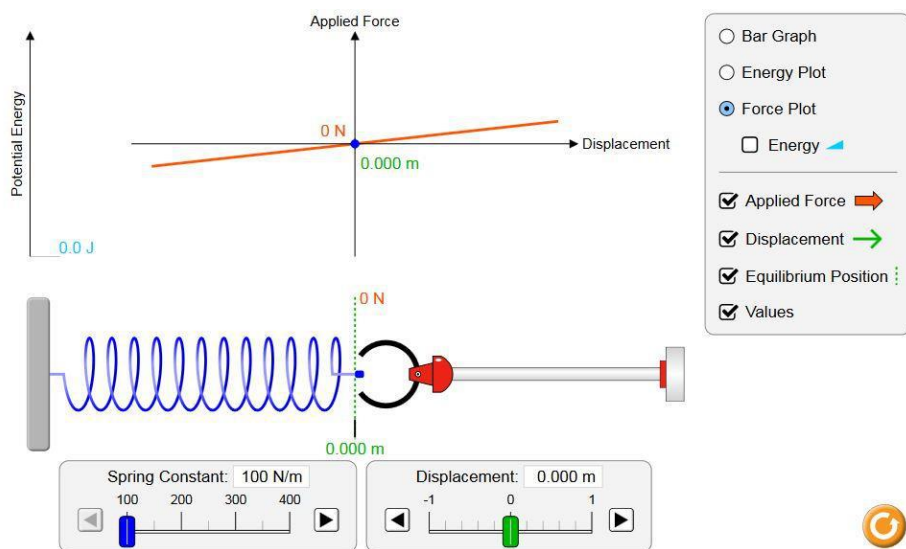
При изучаване на явлението фотоефект може да се използва PhET симулацията¹⁾ на фиг. 1. Тя възпроизвежда класическия експеримент за фотоефекта и предоставя на учащите възможности за изследване на явлението чрез промяна на дължината на вълната, на интензитета на светлината, на вида на метала, облъчван със светлина. На тази основа се предлага и графично представяне на основните закономерности на фотоефекта: зависимост на фототока от приложеното напрежение, фототокът като функция на интензитета на светлината и максималната кинетична енергия на фотоелектроните като функция на честотата. Реализира се много добра нагледност на явлението фотоефект. Графичното представяне предполага по-задълбочено разбиране закономерностите на фотоефекта и на физичните величини, свързани с тях.



Фигура 1. Симулация за изследване на явлението фотоефект¹⁾

PhET симулациите позволяват на учениците да реализират свои идеи за физични обекти и физични явления чрез изследване при провеждане на лабо-

раторни работи. При изучаване на пружинно махало може да се изследва зависимостта на еластичната сила от отклонението на пружината от равновесното положение с помощта на симулацията на фиг. 2. Има възможност също и за промяна на параметъра коефициент на еластичност на пружината.



Фигура 2. Симулация за изследване на еластичната сила¹⁾

Образователната роботика се появи през последното десетилетие като нов подход (Sánchez et al. 2019; Kubilinskiene et al. 2017).

Образователните работи също могат да се използват за реализиране на STEM технологията. Чрез тях природните науки могат да се преподават и изучават по естествен начин.

Образователните работи се проектират и конструират от обучаемите. Авторите Alimisis и Boulougaris представят опит за проектиране на иновационна образователна среда при изследване на видовете движения в обучението по физика (Alimisis & Boulougaris 2014). Учениците работят в групи за конструирание на роботизирани превозни средства с помощта на комплекта Lego Mindstorms NXT. След това те програмират своите работи да се движат равномерно, равноускорително, равнозакъснително с помощта на софтуера Lego Education. Данните за координатите и времето при всеки вид движение се регистрират и се представят графично.

Учителят дава насоки на учениците как да използват програмните блокове, за да регистрират данните и да построят графиките. По такъв начин ученици-

те изследват реалното движение и наблюдават визуализацията на движението под формата на графично представяне.

Базираната на роботиката учебна среда е по-ангажираща за учениците, стимулира мотивацията им и предлага възможност за по-задълбочено изследване.

Заключителни бележки

Една от основните задачи на съвременното образование е създаване на условия за всестранно развитие на учениците с отчитане на възможностите на всеки един от тях. Затова STEM технологията е подходящият вариант. Тя е иновативна технология, защото позволява едновременно да се изучават и прилагат природните науки и технологиите. STEM технологията е интересна и полезна и от гледна точка на развитие на уменията на бъдещето – креативност, комуникация, сътрудничество, критично мислене.

Образователната среда, свързана с тази технология, е гъвкава, динамична, лесно се трансформира за решаване на различни учебни задачи. Тя е ориентирана към практическата дейност на учениците. Практическото изпълнение на идеите води до морално удовлетворение и повишава самооценката им. Повишава се интересът към изучаване на природните науки и към техническите дисциплини.

Съдържанието и методите на STEM технологията предполагат формиране у учениците на качествени знания, научен светоглед, умения за обобщаване и синтез на знания от различни учебни предмети, самостоятелност, инициативност, способност към творчество и др. Те позволяват на учениците да видят непрекъснати взаимовръзки в околната действителност и разкриват ценността на научното знание за реалния живот и практиката.

БЕЛЕЖКИ

1. The Physics Education Technology Project (PhEd) – <http://phet.colorado.edu>

ЛИТЕРАТУРА

- Лехнер, Х. & Енгеман Д., 1990. *Проблемното обучение по физика*. София: Климент Охридски.
- Василев, В., 2006. *Рефлексията в познанието, самопознанието и практиката*. Пловдив: Макрос.
- Василев, В., Димова, Й. & Коларова-Кънчева, Т., 2006. *Рефлексия и обучение I част: Рефлексията – теория и практика*. Пловдив: Макрос.
- Песоцкий, Ю.С., 2002. Высотехнологическая образовательная среда: принципы проектирования. *Педагогика* (5), 26 – 35.

REFERENCES

- Capraro, M. & Han, 2014. STEM The Education Frontier to Meet 21st Century challenges. *Middle Grades Research Journal*, 9(3), 15 – 18.
- Becker, K. & Park, K., 2011. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5/6), 23 – 37.
- Rodger W. B., 2013. *The case for STEM Education Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association Press.
- Rasku-Puttonen, H., Etelapelto, A., Lehtonen, O., Nummila, L. & Hakkinen, P., 2004. Developing teachers' professional expertise through collaboration in an innovative ICT-based learning environment. *Eur. J. Teacher Educ.*, (27), 47 – 60.
- Beck, J., 1997. Teacher education and IT: a national perspective. *Eur. J. Teacher Educ.*, (20), 93 – 99.
- Pesotskiy, U.S., 2002. High-technological educational media: principle of design. *Pedagogika*, (5), 26 – 35.
- Wieman, C. & K. Perkins, 2005. Transforming physics education, *Phys. Today*, November, 36 – 41.
- Sanchez, H., Martinez L. S. & Gonzalez J. D., 2019. Educational Robotics as a Teaching tool in higher education institutions: A bibliographical analysis. *Journal of Physics: Conference Series* 1391 012128 doi:10.1088/1742-6596/1391/1/012128
- Kubilinskiene S., Zilinskiene I., Dagiene V. & Sinkevičius V., 2017. Applying robotics in school education: a systematic review. *Baltic Journal Modern Computing*, 5(1), 50 – 69.
- Alimisis, D. & Boulougaris G., 2014. Robotics in Physics Education: fostering graphing abilities in kinematics. *Proceeding of 4th International Workshop Teaching Robotics and 5th International Conference Robotics in Education*, Padova (Italy) July 18, 2 – 10.

MAIN DIDACTIC ASPECTS RELATED TO THE APPLYING OF STEM TECHNOLOGY IN SCIENCE EDUCATION

Abstract. STEM technology is an innovative educational technology. It refers to development of the students' intellectual abilities, to constructive and cognitive-researching activity and to technical work. There are presented basic didactic aspects, connected with the applying of the STEM technology in Science education. The emphasis is put on practical tasks with problematic character. They allow 21st century competencies to be formed, such as creativity, communication skills, teamwork and critical thinking. Organization of the educational process, educational work forms and teacher's new pedagogical role are also presented. Educational simulations and robots are looked at as didactic means of putting the STEM technology into practice while studying Science, in particular Physics.

Keywords: project-based learning; STEM technology; science education; 21st century skills



Dr. Hristina Petrova

Department of Educational Technologies

University of Plovdiv

Plovdiv, Bulgaria

E-mail: hrpetrova@yahoo.com