

*Non-Formal Education
Неформално образование*

ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНО НЕФОРМАЛНО ОБУЧЕНИЕ НА ТАЛАНТЛИВИ УЧЕНИЦИ ОТ СОФИЙСКАТА МАТЕМАТИЧЕСКА ГИМНАЗИЯ

Александрия Генджова

Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Борис Толев

Софийска математическа гимназия „П. Хилендарски“

Резюме. На базата на естествените връзки между природните науки и математиката в школата по химия на Софийската математическа гимназия се прилага интердисциплинарен подход. Учениците са мотивирани седмокласници, с изявиени математически способности, а учителят е с компетентност по химия и математика. Интеграцията в неформална среда се извършва както на съдържателно, така и на процесуално ниво. Седмокласниците прилагат своите математически умения при усвояване на знания по химия и при решаване на задачи и проекти, изискващи интеграция. Така учениците формират умения за комплексна комуникация, решаване на проблеми и системно мислене; развиват талантите и способностите си, повишават интереса си към природните науки и подобряват постиженията си на олимпиадите по химия.

Keywords: interdisciplinary approach; non-formal learning, talented students; science education

Увод

Математическите знания на учениците са изключително важни за разбирането на природата, а математическата грамотност се разглежда като фундаментална за природонаучната грамотност (Orton & Roper, 2000). Неслучайно резултатите на учениците в международни оценявания по природните науки са в пряка връзка от техните математически компетентности. В природните науки математиката се използва за анализиране на природата, за откриване на тайните ѝ и за обяснение на съществуването ѝ (Davison, Miller & Metheny, 1995). В химията геометричните принципи за формата, големината и позициите на различни фигури се използват за обяснение на строежа на веществата, алгебричният баланс – за съставяне на формули и изравняване уравнения, а анализът на данни – при химичните изследвания. От друга страна, математическите знания и умения на учениците остават откъснати от практическото

си приложение. Часовете по химия често са добра възможност за свързване, обединяване и приложение на тези знания и умения.

Кратък преглед на литературата

Обучението чрез формиране на връзки между различни области на знание-то има редица предимства и е съществена образователна потребност за успех в XXI век (Boyer, 1982; Jacobs, 1989; Martinello & Cook, 1994; Nissani, 1997). Интердисциплинарността в обучението се определя като подход, при който съзнателно се прилагат методология и език от повече от една дисциплина, за да се разгледат централна тема, въпрос, проблем, тема или опит (Jacobs, 1989); интегрират се взаимозависими знания, умения, понятия, съдържание, гледни точки, методи и умения от повече от една предметна област (Mathison & Freeman, 1998). Продуктът от интердисциплинарната дейност – интердисциплинарното знание, се определя като „способност да се интегрират знания и стилове на мислене от две или повече дисциплини за постигане на когнитивен напредък (обяснение на явление, решаване на проблем, създаване на продукт или поставяне на нов въпрос) по начини, които са непостижими чрез средствата на отделните дисциплини (Mansilla & Duraisingh, 2007; Repko, 2008; Czerniak & Johnson, 2014). Интердисциплинарният подход осигурява много предимства, които могат да се превърнат в умения за учене през целия живот (Lederman & Niess, 1997; Casey, 2009). Той се реализира трудно в практиката от учителите и за целта те трябва да имат следните когнитивни способности: да виждат различните дисциплинарни перспективи; да развиват структурни познания; да интегрират противоречиви идеи от алтернативни дисциплини и да имат интердисциплинарно разбиране²⁾. Учителите трябва да имат задълбочени познания за съответните тематичните области и тяхната взаимосвързаност³⁾. Те трябва да са наясно с обхвата и последователността на тематичната област за цялото обучение; знанията и уменията им трябва да бъдат поставени в контекст, в който процесът на преподаване и учене поощрява активното и умишлено изграждане на смисъл (Lazarov & Minevska, 1986). При това може да се обхване по-малко съдържание, но това, което се изучава, да се извършва на по-голяма дълбочина (Spooner, 2004). При подбора на съдържанието се изисква според Ackerman (1989): осветяваните понятия и теми да са: важни за отделните дисциплини; да се усъвършенстват от интеграцията; полученото интегрираното знание в комплексните проблеми да е по-голямо от сумата от отделните му части; то да има потенциал да допринесе за интелектуалната подготовка и за развитието на личността на учениците.

За реализирането на интердисциплинарността от голямо значение е средата на обучение. Обучението в неформална среда има редица предимства: то е на доброволен принцип; обучаемият е действащо лице; учебната програма е гъвкава; използват се активни методи за обучение или методи

с участие; развиват се реални компетентности; формират се мотивация и умения за продължаващо учене; извършва се в приятна, безопасна и отворена среда (Coll et al., 2013). Съвременното неформално обучение се основава на конструктивистките схващания за човешкото учене – Д. Дюи, Л. Виготски, Ж. Пиаже, Д. Брунер, Д. Бигс, П. Мур и др. То се опира и на екологичния модел на Bronfenbrenner (1994), според който познавателните, социалните и културните процеси при обучението се формират в зависимост от контекста: характеристиките на специфичните условия, мотивацията, базовите знания и очакванията на учащите. Обяснява се и чрез контекстуалния модел на обучение (Falk, Dierking, 2000) с 12 ключови лични, социокултурни и физически дименсии на обучението. За Feder et al. (2009) неформалното обучение по природни науки има различни страни според дейността на учащия: разбиране на научните знания; ангажиране с научен тип мислене; рефлексия върху науката, научните процеси, понятия, институции и върху собствения си процес на учене; участие в научни дейности и учебни практики с другите, с научни средства и научен език; осъзнаване на себе си като учещ и развитие на собствената идентичност. Според сферите на обществения или личностния контекст неформалното образование и обучение в сферата на природните науки има различни области на действие: подпомагане, развитие, компенсирание на традиционното образование; популяризиране на науката и насочване към научна кариера; подпомагане на личностно развитие; изява на способностите и талантите и др. (Nikolaeva, 2008; Gendjova, 2010).

В настоящата работа се цели да се определи как се прилага интердисциплинарният подход в обучението в неформалната среда на школата по химия в Софийската математическа гимназия и какъв е потенциалът му за развитие на способностите и талантите на учениците

Контекст на изследването

Софийската математическа гимназия „П. Хилендарски“ (СМГ) е специализирана в подготовката на ученици от средния и началния курс на обучение в областите на математиката и информатиката. Учениците се обучават по доказали своята ефективност училищни учебни планове. Те показват висока успеваемост на външно оценяване, държавни зрелостни изпити, национални и международни олимпиади, състезания и конкурси. Училището следва политика на поощряване на успехите на изявените ученици в областта на точните науки. За тези предмети са отделени допълнителни часове за задължително избираема и свободно избираема подготовка, организират се школи за допълнителна подготовка. В СМГ се провежда неформално обучение по учебния предмет „Химия и опазване на околната среда“ с таланти ученици от VII клас, които имат значителен интерес и базови знания по математика. Обу-

чението в школата цели развитие на способностите на учениците и изява на техните таланти на състезания и олимпиади. Школата датира от пет години. През първите две години (2011/12 и 2012/13 г.) обучението се води от учител химик. През последните три години (2013/14 до 2015/16 г.) се осъществява интердисциплинарна интеграция между химията и математиката от учител с педагогическа правоспособност по химия и опазване на околната среда и по математика. Школата е с хорариум 86 часа годишно. Провежда се регулярно – по 2 – 3 учебни часа седмично (в зависимост от свободното време на седмoclасниците). Посещава се средно от около 30 ученици.

Осъществяване на интеграция на математиката в школата по химия

В VII клас се поставят основите на науката химия, което прави преподаването предизвикателство за всеки учител. Материалът, разглеждан по време на школата, обхваща основни теми от учебната програма по химия и опазване на околната среда в VII клас, както и теми от учебния предмет „Човекът и природата“, касаещи химичните явления. Основните начини за работа по време на обучението в школата по химия в VII клас, които позволяват *междупредметна интеграция*, могат да се сведат до следното.

В школата по химия се *подпомага обучението по математика*. Това става, като с учениците се обсъждат в детайли математическите техники и процедури, необходими им по химия. За целта учителят предварително открива подходите, водещи до неразбирането на учениците или до формирането на погрешни схващания и представи, и ги избягва. В школата се използват подходящи математически техники и процедури, които могат да повлияят положително на това, което се учи по химия. Ако някой от учениците е разбрал погрешно смисъла на математическата терминология, това му се пояснява допълнително. Изясняват се неясноти в учебните материали, прави се и задълбочен анализ на допуснатите грешки и неточности. Коментират се математически понятия, които имат различни значения в химията и математиката.

Основни химични понятия се осветяват от гледна точка на отделните дисциплини. Например в раздела „Химична символика и валентност“ се изучават химичните знаци, химичните формули, наименованията на веществата, валентността, както и химичните уравнения. Чрез обединяващи понятия, като *знак, формула, уравнение*, се прави връзка с математиката и с българския език. Това позволява по-доброто им разбиране и използване, съдейства за развитие на умения за комплексна комуникация на учениците.

Познатият материал по химия се *надгражда и обогатява*, повдигат се *нови въпроси и се въвежда ново съдържание* на базата по-високата математическа култура на учениците. Например в темата „Топлинни ефекти на химичните процеси“ се разглеждат законите на Хес и на Лавоазие-Лаплас, в темата „Скорост на химичните реакции“ – величината концентрация.

Учениците получават *по-цялостно и организирано знание*. При прилагането на знанията за периодичния закон и Периодичната таблица на базата на интегративни понятия, като *ред (класификация), организация, система, промяна, зависимост*, те подреждат информацията по взаимосвързан и систематичен начин, развиват цялостен подход към знанието. Това води до по-гъвкаво мислене и приемането на множество гледни точки, отразява се на интелектуалното, афективното и социалното им развитие.

В школата се решават *задачи и проблеми с интердисциплинарен характер*. Те възникват и се формулират на границата между двете (и повече) учебни дисциплини. За решаването им се изискват както задълбочено познаване на задължителния учебен материал по химия, така и отлични умения по математика, съобразителност, способности за анализ на химични проблеми и междупредметен синтез.

За да бъде интеграцията автентична и смислена, тя трябва да бъде приложена в *реалистичен контекст*. Затова учениците работят и по задачи, проблеми и проекти, свързани с реалния живот, близки до тяхната житейска и социална среда. Подобни задачи с интегративен характер се използват за оценяване на природонаучната грамотност на учениците⁶⁾. Те се свързват с решаването на интересни и актуални комплексни проблеми, отнасят се до комплексни обекти, процеси, явления или до понятия и категории, приложими в повече от една научна област. Знанията само по един учебен предмет не са достатъчни за решаването им или за създаването на проекта. Често те включват оценка и отношение (съпричастност към проблема). При тези задачи седмокласниците използват наличните знания, умения и опит в близък и познат им контекст и ги насочват към търсене на обяснение на актуални житейски ситуации, проявяват критично отношение към изказаните твърдения или различно мнение от доказателствено формулираното твърдение.

Резултати

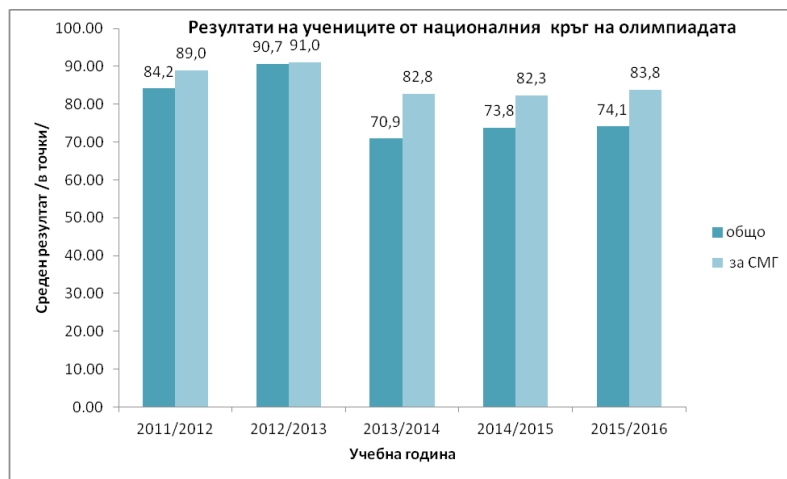
В резултат на използвания интегрален подход в неформална среда учениците задълбочават и прилагат знанията си по химия и математика; развиват способностите си да създават знания отвъд отделна дисциплина; да вземат решения, да мислят критично и творчески; повишават мотивацията си за изучаване на химия. Показател за ефективността на използвания подход в школата през последните три години (2013/14, 2014/15, 2015/16) е представянето на учениците на *олимпиадата по химия* (по отношение на броя участници в съответните кръгове на олимпиадата, както и техните резултати). В таблица 1 ясно се вижда тенденцията на нарастване на броя на учениците от школата, които участват на областния кръг на олимпиадата по химия и опазване на околната среда, и на тези, които се класират на националния кръг, за последните три години.

Таблица 1. Брой ученици от VII клас, участници на областния кръг и класирани на националния кръг на олимпиадата по химия и опазване на околната среда

Учебна година	Явили се ученици на областен кръг		Допуснати ученици на национален кръг	
	Общо	От СМГ	Общо	От СМГ
2011/2012	253	8 (3,2%)	32	1 (3,1%)
2012/2013	340	13 (3,8%)	33	2 (6,1%)
2013/2014	387	36 (9,6%)	52	10 (19,1%)
2014/2015	341	37 (10,9%)	20	6 (30%)
2015/2016	210	37 (17,6%)	47	10 (21,3%)

Става ясно, че за учебните 2013/14, 2014/15 и 2015/16 г., през които в школата по химия е интегрирана математика, класираните седмокласници на областен и национален кръг са в пъти повече. Въпреки промяната в регламента през 2014/15 г. за допускане на национален кръг с минимум 84, а не 74 точки, както преди, се увеличава броят явили се и допуснати до национален кръг ученици от СМГ, посещаващи школата.

Учениците от СМГ по традиция се справят отлично на областните и националните кръгове на олимпиадата по химия и опазване на околната среда. Техният среден бал (брой точки) винаги е над средния бал (брой точки) на олимпиадата. Резултатите на участниците на националния кръг на олимпиадата по химия и опазване на околната среда са показани на фиг. 1.



Фигура 1. Разпределение на резултатите на учениците от VII клас, участвали на националния кръг на олимпиадата по ХООС

Вижда се, че през последните три учебни години, в които в школата по химия в VII клас е използван подход за интегриране между химията и математика, има по-голяма разлика между средния бал на седмокласниците от СМГ в сравнение със средния бал на всички седмокласници, участващи в олимпиадата. Въпреки значителното повишение на трудността на задачите в олимпиадите за VII клас, както и включването на все повече математически елементи в тях, учениците от СМГ, посещаващи школата, се справят отлично. Те повишават резултатите си и се класират все повече и по-напред на националните кръгове на олимпиадата (таблица 2). Това са сигурни белези за ефективността на използвания от учителя подход.

Таблица 2. Класиране на учениците от VII клас на националния кръг на олимпиадата по химия

Учебна година	Класиране на участващите ученици на национален кръг		
	От СМГ	Явили се	Място в класирането на учениците
2011/2012	1	32	Единадесето
2012/2013	1	33	Седемнадесето
2013/2014	8	52	Първо, второ, трето, десето, осемнадесето и т.н.
2014/2015	6	20	Четвърто, шесто, седмо, осмо, девето, десето и т.н.
2015/2016	10	44	Първо, второ, трето, единадесето, дванадесето и т.н.

Заклучение

Интегрирането между учебните предмети химия и математика в неформална среда повишава интереса на учениците към химията, мотивира ги и развива тяхното химическо разбиране и логическо мислене и води до повишаване на техния успех и ангажираност във и извън часовете по предмета. Използваната методиката съдейства за формиране у учениците на представи за единството на природата, задълбочава знанията им, развива уменията им по химия и по математика.

Използването на задачи с различни нива на интеграция между учебните предмети поставя учениците в реални ситуации, спомага за изграждане умения за мислене на високо ниво и за изследване. Чрез задачи от този вид на учениците се създава възможност да видят приложението на математиката при описание на различни реални ситуации.

Провеждането на неформално обучение по химия, в което се осъществява висока степен на интеграция между химията и математиката, повишава интереса на учениците към природните науки и в частност към химията.

Те показват голяма ангажираност, по-задълбочени знания и много по-високи резултати на различни състезания и олимпиади.

NOTES/БЕЛЕЖКИ

1. Feder, M. A., Shouse, A. W., Lewenstein, B. & Bell, P. (2009). Learning science in informal environments: People, places, and pursuits.
2. Mathison, S. & Freeman, M. (1998). The Logic of Interdisciplinary Studies. Report Series 2.33.
3. National Research Council. (2010). Exploring the intersection of science education and 21st century skills: A workshop summary. National Academies Press.
4. Repko, A. F. (2008). Interdisciplinary research: Process and theory. Sage.
5. Wood, K. E. (2010). Interdisciplinary instruction for all learners K-8: A practical guide. Pearson.
6. Stefanova, Y., Minevska, M., Evtimova, S. (2010). Scientific literacy: Problems of science education in Bulgarian school. Problems of education in the 21st century, 19, 113 – 118.

REFERENCES/ЛИТЕРАТУРА

- Ackerman, D. B. (1989). Intellectual and practical criteria for successful curriculum integration. *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*, 25 – 37.
- Boyer, E. L. (1982). Seeing the Connectedness of Things. *Educational leadership*, 39(8), 582 – 84.
- Bronfenbrenner, U. (1994). Ecological models of human development In: Husen, T. & T. N. Postlethwaite (Eds.) *International encyclopedia of education*, vol. 3, 1643 – 1647.
- Casey, J. (2009). *Interdisciplinary approach - advantages, disadvantages, and the future benefits of interdisciplinary studies*. ESSAI, 7, 76 – 81.
- Coll, R. K., Gilbert, J. K., Pilot, A. & Streller, S. (2013). How to benefit from the informal and interdisciplinary dimension of chemistry in teaching. In: *Teaching chemistry – a studybook*. 241 – 268). Sense Publishers.
- Czerniak, C. M. & Johnson, C.C. (2014). Interdisciplinary science and STEM Teaching. (pp. 395 – 412). In: Lederman, N.G. & Abell, S.K. (Eds.), *Handbook of research on science education*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Davison, D., Miller, K. & Metheny, D. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School Science and Mathematics*, 95 (5), 226 – 230.

- Gendjova, A. (2010). Life-long life-wide science non-formal learning. *Chemistry*, 19, 83 – 96.
- Falk, J. H. & Dierking, L.D. (2000). *Learning from museums: visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek: Alta Mira Press.
- Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. Alexandria: Association for supervision and curriculum development.
- Jones, C. (2010). Interdisciplinary Approach – Advantages, disadvantages, and the future benefits of interdisciplinary studies. *ESSAI*, 7 (1), 76 – 81.
- Lazarov, D. & Minevska, M. (1986). *Integralniyat podhod v obuchenieto po khimiya*. Sofia: Narodna prosveta [Лазаров, Д. & Миневска, М. (1986). *Интегралният подход в обучението по химия*. София: Народна просвета].
- Lederman, N. G. & Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, 97 (2), 57 – 58.
- Martinello, M. L. & Cook, G. E. (1994). *Interdisciplinary inquiry in teaching and learning*. New York: Macmillan College Publishing.
- Mansilla, V. B. & Duraising, E. D. (2007). Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed. *The Journal of Higher Education*, 78(2), 215 – 237.
- Nikolaeva, S. (2008) *Neformalno obrazovanie – filosofii, teorii, praktiki*. Gabrovo: Eks-pres [Николаева, С. (2008). *Неформално образование – философии, теории, практики*. Габрово: Екс-прес].
- Nissani, M. (1997). Ten cheers for interdisciplinarity: The case for interdisciplinary knowledge and research. *The Social Science Journal*, 34 (2), 201 – 216.
- Orton, T. & Roper, T. (2000). Science and Mathematics: A Relationship in Need of Counselling? *Studies in Science Education*, 35(1), 123 – 153.
- Spooner, M. (2004). Generating integration and complex understanding: Exploring the use of creative thinking tools within interdisciplinary studies. *Issues in Integrative Studies*, 22, 85 – 111.

INTERDISCIPLINARY NONFORMAL LEARNING FOR TALENTED STUDENTS FROM THE SOFIA HIGH SCHOOL OF MATHEMATICS

Abstract. On the basis of the natural connections between the science and mathematics, an interdisciplinary approach is applied in the non-formal chemistry

classes of the Sofia High School of Mathematics. The 7th grade students have pronounced mathematical ability and the teacher is competent in chemistry and mathematics. In this case chemistry and mathematics are integrated both on the basis of content and procedural level. Seventh graders apply their mathematical knowledge and skills in acquisition of new chemistry knowledge. They solve problems and develop projects, requiring integration of both subjects. In this way, students form complex communication, problem-solving and systemic thinking skills. As a result of the approach used, students develop their talents and abilities, increase their interest in science, and improve their achievements at the Olympiads in Chemistry.

✉ **Dr. Alexandria Gendjova, Assoc. Prof**

Research Laboratory on Chemistry Education & History & Philosophy of Chemistry
Faculty of Chemistry & Pharmacy
Sofia University
Sofia, Bulgaria.
Email: exag@chem.uni-sofia.bg

✉ **Mr. Boris Tolev**

Sofia High School of Mathematics "P. Hilendarski"
Sofia, Bulgaria
E-mail: boris_tolev@abv.bg