

## ОЦЕНЯВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛЕН СОФТУЕР ПО ХИМИЯ ЗА СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

Милена Кирова, Елена Бояджиева

**Анотация:** В статията са представени резултати от оценяване на образователен софтуер по химия за обучението в 9. клас. Оценяването е направено по два независими подхода – експертна оценка по разработен критериален модел и с малка група ученици. Резултатите и по двата подхода показват, че оценяваният софтуер може успешно да бъде използван в училищната практика

**Ключови думи:** образователен софтуер, химическо образование, заключителна оценка, средно училище

## EVALUATION OF EDUCATIONAL CHEMISTRY SOFTWARE FOR SECONDARY SCHOOLS

Milena Kirova, Elena Boiadjieva

**Abstract:** An evaluation of educational chemistry software for 9th grade is represented in this paper. Two independent approaches are applied: an expert evaluation of a developed criterial model and a small student group investigation. Both approaches show that the evaluated software could be successfully used in school practice.

**Keywords:** educational software, chemistry education, summative evaluation, secondary school

Компютрите, образователният софтуер, мултимедията все повече привличат вниманието на учители и ученици с възможностите чрез тях да се представят и усвояват сложни елементи от учебното съдържание по достъпен и атрактивен начин.

Обучението по химия осигурява подходяща среда за приложение на елементи от електронното обучение поради спецификата в съдържанието на химичната наука. Химичните обекти – веществата и химичните реакции – се разглеждат на няколко равнища. Макронивото отбелязва промените, които се наблюдават или измерват с уреди, а микронивото – причините за тези промени, сложни вътрешни процеси, осъществявани с участие на атоми, молекули и йони. Третото равнище в химията е семиотично и се свързва със сложната моделно-знакова система за означаване на промените на макрониво, на микрониво и на връзките между тях. Тази многопластовост дава възможност за мултимедийно представяне на веществата и химичните явления, в които те участват. От друга страна усвояването на химичното учебно съдържание успешно може да се осъществява и чрез дейности, опосредствани от образователен софтуер.

За да реализира тези свои функции образователният софтуер по химия трябва да притежава определени качества. Оценката на тези качества засяга различни аспекти на софтуера: съдържателен – представянето на химичните обекти със средствата на компютъра; психологически – условията, които се осигуряват за пълноценно реализиране на учебните дейности; технологичен – удобство при навигация и предвидим за потребителя интерфейс (Reeves 1993; Rhéaume 1994; Marton 1994; Georgiadou 2001; Reddi 2003). Тези аспекти на оценката пряко или косвено са свързани с условията, които образователният софтуер осигурява за постигане на целите на обучението.

Оценката на софтуера и на неговите образователни качества може да бъде (Pham 1998; Reddi 2003; Le 2007):

- формираща (formative) оценка на софтуер, която започва още в процеса на неговото проектиране и продължава през целия процес на разработването му;
- заключителна, крайна (summative), която се прави с различни методики на готовия учебен софтуерен продукт.

В настоящата статия е представена заключителна оценка на качествата на образователен софтуер, предназначен за обучението по “Химия и опазване на околната среда” в 9. клас. Акценти в оценяването са:

- наличие на образователни качества за реализиране на пълноценен учебен процес;
- постигане на образователните цели при използване на конкретния софтуер.

Резултатите от оценката ще определят приложимостта на учебния софтуер в учебната практика.

### ХАРАКТЕРИСТИКА НА ОЦЕНЯВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЕН СОФТУЕР

Оценяваният учебен софтуер “Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот” е разработен в съответствие с учебната програма за 9. клас. В него е представена виртуална химическа лаборатория. Основната задача на учениците е при спазване на правилата за безопасна работа виртуално да конструират подходяща апаратура за получаване на азот и да изследват неговите свойства. Въвеждането във виртуалната лаборатория става след предварителен тест. Всяка грешка на учениците при работа се санкционира с отнемане на точки. На разположение на учениците са указания за работа, допълнителни информационни ресурси, помощ и статус-бар, който подпомага планирането на действията на учениците (фиг. 1). Симулацията в лабораторията дава възможност многократно да се анализират и повтарят всички действия, да се откриват грешките и да се коригират. Софтуерът предвижда и игрови елемент, като състезание за изпълнение на задачата за определено време.



Фиг. 1 Момент от работата във виртуалната химична лаборатория “Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот”

## МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

В практиката се използват три основни групи методи за крайна оценка на учебен софтуер:

- Определяне на качества на програмите от оценители – специалисти в съответната образователна област и/или учители по съответния учебен предмет (Лаутербах 1987; Rhéaume 1994; Georgiadou 2001; Ненова *и др.* 2003 *и др.*). Оценителите тестват софтуера, а своята оценка представят качествено или количествено въз основа на определени критерии и показатели. Тези методи са най-икономични от гледна точка на време и разходи.

- Тестване на програмите с малки групи ученици, изявили желание за участие в такава оценка. От тях може да се очаква полезна информация за качества на образователния софтуер поради ангажираността им в тази дейност (Marton 1994). В случая се използват входящи и изходящи тестове, наблюдение, интервюта, анкети. Тези методи позволяват тестване на програмата от бъдещи потребители и осигуряват пряко наблюдение и оценяване на резултатите.

- Проверка на качества на програмите в реална среда – изисква провеждане на обучение в естествени условия и оценка на резултатите (Marton 1994). Тези методи са най-сложни за организация и провеждане, изискват много богата материална база и голям брой наблюдатели.

В настоящето изследване оценката на образователния софтуер е осъществена чрез две методики – експертна критериална количествена оценка и тестване с малка група ученици.

В експертната оценка участваха 11 действащи учители по химия от страната, които имат интереси към приложението на съвременните информационни технологии в обучението по химия. След самостоятелно тестване на програмите оценителите представиха своите оценки в експертни карти за критериална оценка на програмите по разработен от нас модел за оценка на образователни качества на учебен софтуер по химия (Кирова *и др.* 2002; Кирова и Бояджиева 2005; Кирова 2007). Според този модел за оценка на конкретния учебен софтуер са определени общо 38 оценъчни показатели и индикатори, разпределени в две групи – 26 общи задължителни и 12 специфични. Експертите представят количествена оценка по всеки от тях в тристепенна числово-вербална скала: 0 – не отговаря на показателя; 1 – частично отговаря; 2 – напълно отговаря на показателя.

За тестване на програмата в малка група бяха подбрани ученици, които в момента на изследването изучават учебното съдържание по темата “Петта главна група на периодичната система”. Методиката изисква в групата да се включат ученици, които сами са изявили желание да участват. Затова първо бяха обяснени процедурите на изследването пред всеки отделен клас и след консултация и съгласие на родителите в експеримента бяха включени желаещите ученици. Така се формира група от 14 ученици.

За да се установят качества на учебния софтуер бе разработен протокол за наблюдение на работата на учениците и за осъществяването заедно с него интервю “мислене на глас”. Този протокол е в съответствие с критериите за определяне на качества на учебен софтуер, включени в споменатия вече модел.

Определянето на степента на достигане на образователните цели при работа с компютърните програми от ученици бе осъществено с пре-тест и пост-тест, разработен по процедурата за съставяне на критериални тестове (Тафрова 2007). Тест-спецификацията на теста е в съответствие с учебната програма за 9. клас по „Химия и опазване на околната среда” (табл. 1).

Работата с всеки от участниците в изследването протече при следната организация:

- Всеки ученик решава самостоятелно пре-тест.
- Ученикът работи самостоятелно с изследваната компютърна програма в присъствието на наблюдаващия, който отбелязва в протокола за наблюдение неговите действия, реакции, коментари, отговори на въпроси от протокола.
- Провежда се пост-тест.

**Таблица 1.** Тест-спецификация за учебен софтуер “Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот”

От ученика се очаква да:	Брой задачи в теста
Описва физични и химични свойства на азота.	3
Определя степента на окисление на елемента азот в различни негови съединения.	1
Означава с химични уравнения свойствата на азота.	1
Обяснява реакционната способност на азота с особеностите на химичната връзка.	1
Планира експеримент за получаване и събиране на азот.	2
Конструира подходяща апаратура за получаване и събиране на азот.	3
Подбира реактиви за получаване на азот.	1
Планира експеримент, свързан с изследване на свойствата на азота.	2
Прилага общи правила за безопасна работа в химичната лаборатория и използва предпазни средства при извършване на експеримента.	2
Прилага правила за безопасна работа с натриева основа	1

## РЕЗУЛТАТИ ОТ ОЦЕНКАТА НА ОБРАЗОВАТЕЛНИЯ СОФТУЕР ПО ХИМИЯ

### Резултати от експертната оценка

Данните от проведената експертна оценка бяха проверени за съгласуваност на експертите с коефициент за надеждност  $\alpha$ -Кронбах. За оценките по общите задължителни показатели и индикатори (26 на брой)  $\alpha = 0,86$ , а за оценките по специфичните показатели и индикатори (12 на брой)  $\alpha = 0,79$ . Получените коефициенти се оценяват като “много добри за практически цели”.

В таблици 2 и 3 са представени сумите от оценките на всеки експерт съответно по общите задължителни и по специфичните показатели и индикатори. За всички експерти тези суми са по-високи от зададените в модела за оценяване правила (Кирова 2007):

- за общите задължителни критерии сумата от експертните оценки трябва да е равна или над 75% от максималния възможен бал  $C1 \geq 75\%C_{\max}$  ( $C1 \geq 59$ );
- за специфичните критерии сумата от експертните оценки трябва да е равна или над 50% от максималния възможен бал  $C2 \geq C_{\max}$  ( $C2 \geq 18$ ).

Получените резултати от експертната критериална количествена оценка показват, че образователния софтуер “Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот” притежава необходимите образователни качества за реализиране на пълноценен учебен процес.

**Таблица 2.** Резултати от оценките на експертите по общите задължителни критерии

Общи задължителни показатели и индикатори	Експерт №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сума за всеки експерт $C_1$ максимална 78 т. 75% - 59 т.	67,00	70,00	70,00	72,00	71,00	67,00	65,00	69,00	73,00	60,00	65,00

**Таблица 3.** Резултати от оценките на експертите по специфичните критерии

Специфични показатели и индикатори	Експерт №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сума за всеки експерт $C_2$ максимална 36 т. 50% - 18 т.	26,00	21,00	29,00	30,00	29,00	23,00	25,00	29,00	24,00	23,00	21,00

#### *Резултати от тестване с малка група ученици*

Ще представим някои от обобщенията за отделните образователни качества на изследваната компютърна програма, направени след качествения анализ на получените по протокола за наблюдение резултати.

- **Качество на учебното съдържание.** При работа с образователния софтуер учениците не откриват неточности в учебното съдържание. Не се затрудняват при извършване на учебните действия и използват дадените указания като общи постановки за тяхното реализиране. Затрудненията в някои от практическите действия във виртуалната среда те обясняват с недостатъчния си опит в химичния експерименти. При работата им се наблюдават сравнително слабо самостоятелно обвързване на елементите на съдържанието на софтуера с вече известни елементи – осъществява се след насочване от наблюдаващия. Това явление се наблюдава в първите тествания на софтуера и се обяснява повече с големия ентузиазъм на учениците за работа, отколкото с липса на такива насочващи елементи в него.

- **Максимално използване на възможностите на компютъра за представяне на съдържанието на химичните обекти.** При работа с програмата учениците нямат нужда и не изискват допълнително обяснение на представените в нея факти, тъй като те са включени в съдържанието ѝ.

- **Възможност за регламентиране на времето за работа.** По голямата част от учениците приемат с удоволствие възможността за самостоятелен избор на време за работа. След разучаване на учебния софтуер дори избират все по-кратки интервали, за да се “състезават” и обсъждат получените резултати.

- **Качество на взаимодействието с образователния софтуер при осъществяване на дейността по задачите.** Учениците се ориентират бързо в структурата на софтуера, използват справочните данни и указанията още преди действията, а част от тях и по време на работа. Към техническите инструкции за работа се обръщат след като срещнат

затруднения. По-голямата част от учениците избират за първите варианти на тестване неограничено време за работа и затова не използват часовника на екрана. Той им става особено необходим, обаче, когато се “състезават” с програмата. Учениците разбират какви действия се изискват и лесно ги осъществяват при решението. За това най-голямо значение има статус-барът на екрана, който дава текущи указания за съответните операции.

- **Качество на контрола на решението на задачата.** Учениците разбират всички подадени им съобщения и коментари по време на решението. Предпочитат съобщения за работата си да получават само при грешка, а не след края на всяка операция. Подадените им съобщения и коментари подпомагат деликатно тяхната работа.

- **Качество на самоконтрола при решението на задачата.** Анализът на наблюдението по общите и специфични показатели, свързани с този критерий показва, че в програмата са налице достатъчно елементи за осъществяване на самоконтрол и самокорекция от страна на учениците – статус-бар, подходящи съобщения, насочващи към самокорекция, цялостно упътване за работа и технически инструкции. Не се наблюдава, обаче, силно изявено желание у учениците сами да поправят грешките си, като те приемат без коментари поправките, направени от програмата.

- **Качество на задачите.** По-голяма част от учениците приемат предложените им задачи, действия и операции и ги осъществяват с желание.

- **Качество на цялостното представяне на химичните обекти.** Използване на възможностите на компютъра за опериране с моделите. При работата във виртуалната химична лаборатория учениците не изискват допълнително представяне на микрониво на осъществяваните от тях явления и процеси. Допада им начинът на опериране с моделите, като някои споделят, че биха искали да видят обемно представяне на сглобяваната апаратура.

- **Представянето на съдържанието стимулира и мотивира учениците.** По-голямата част от учениците приемат добре атрактивните елементи в програмата, своя “наставник”, неговите шеговити коментари. Работата във виртуалната лаборатория представлява за тях нова и интересна учебна дейност и по-голямата част от тях не се интересуват от практическата страна на изучаваните явления. Други, все пак, задават въпроси къде и как се използват в практиката осъществяваните химични процеси.

От тези резултати може да се направи извод, че програмата се приема много добре от учениците. Те учат с удоволствие и интерес, изявяват желание да използват и други учебни мултимедийни продукти в учебната си работа. По време на дейността си по-голямата част от учениците изявиха желание да осъществят изпълняваните виртуални експерименти в реална лабораторна среда.

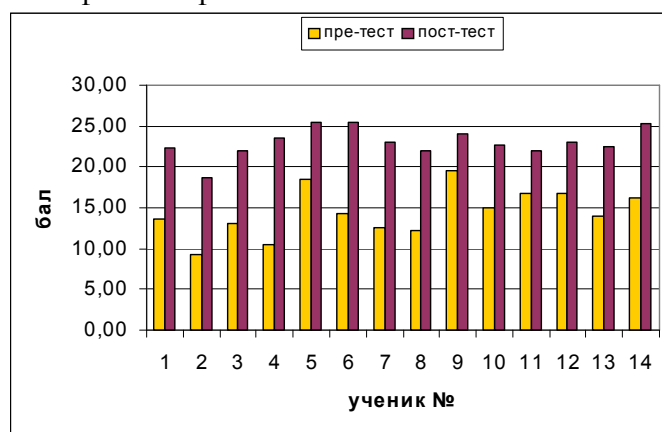
Постигането на определените образователни цели при използване на учебния софтуер бе установено с помощта на входящ и изходящ тест. В таблица 4 са представени основните емпирични статистики, изчислени въз основа на получените резултати.

**Таблица 4.** Резултати от тестирането

Основни емпирични статистики	Пре-тест	Пост-тест
Средно аритметична стойност $x$	14,44	22,99
Медиана $Me$	14,13	22,88

Мода $M_o$	16,75	25,5
Средно квадратично отклонение $s$	2,91	1,79
Коефициент на вариация $V$	20,15%	12,78%

Резултатите от тестовете за всеки ученик и честотното разпределение на тестовите балове е представено на фиг. 2 и фиг. 3.



Фиг. 2. Резултати от пре-теста и пост-теста за всеки ученик



Фиг. 3. Честотно разпределение на тестовите балове

За проверка на хипотезата за статистически значима разлика между постиженията на учениците по пре-теста и пост-теста бе използван статистическият тест на Ман-Уитни, който е непараметричен еквивалент на t-теста на Стюдънт. Той се използва при малки групи, за които не може да се установи условие за нормалност на разпределението.

Пресметнатият емпиричен резултат за параметъра  $U$  на Ман-Уитни е  $U_{емп.}=1$ . Табличната критичната стойност на  $U$  при вероятност за грешка  $\alpha = 0,05$  и извадки  $n_1 = 14$  и  $n_2 = 14$  е  $U_{0,05;14,14} = 55$ . Резултатът  $U (= 1) < U_{0,05;14,14} (= 55)$  показва че между постиженията на учениците преди и след работа с образователния софтуер съществува статистически значима разлика. Въз основа на това може да се направи извод, че в резултат на използване на образователния софтуер “Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на Азот” учениците постигат в по-голяма степен образователните цели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представеното оценяване на образователен софтуер по химия за средното училище по различни методики могат да се направят обобщения в различни аспекти. Първият от тях е свързан пряко с поставената цел на изследване – качество на оценявания софтуер. В този смисъл получените по двете методики резултати недвусмислено показват, че учебният софтуер „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот” има много добри образователни качества и може да бъде изключително полезен и приложим в обучението по химия в средното училище.

Оценяваната програма е свързана с една от най-интересните за учениците страни на химията – експерименталната. Според наши изследвания съществуват значителни пропуски в подготовката на учениците именно в тази област - планирането и осъществяването на химичния експеримент (Тафрова *и др.* 2008; Тафрова *и др.* 2009; Кирова *и др.* 2010). Изследването показва, че разработването на подобен софтуер и съчетаването му с реален експеримент има не само образователен, но и силно изразен мотивационен ефект, особено при наблюдавания в последните години спад в интереса към природните науки. Основание за това ни дава и спонтанната реплика на един от учениците „Искам да уча химия така – с учител, софтуер и в химичната лаборатория”.

Оценяването на софтуера е направено въз основа на разработен модел за определяне на образователни качества на учебен софтуер, изцяло съобразен със спецификата на обучението по химия. Потвърждаването на получените с него резултати с друга методика показва, че той може да се използва не само за ефективна крайна оценка на учебен софтуер, но и в хода на разработването му. Така разработеният въз основа на предварителни изисквания и критерии образователен софтуер ще бъде надеждно средство за успешен учебен процес и постигане на образователните цели.

## ЛИТЕРАТУРА

- Кирова *и др.* 2002:** Кирова, М., Павлова, М., Малчева, З. Някои проблеми при подбора на образователен софтуер по химия. В: *Науката, методиката и училището – конфликтни точки, срещи и разминавания*. Том II. Природоматематическо направление. Смолян, 2002, 120-122.
- Кирова и Бояджиева 2005:** Кирова, М., Бояджиева, Е. Примерен технологичен модел за проектиране и изработване на учебен софтуер по химия. - *Химия* 2005, 5, 403.
- Кирова 2007:** Кирова, М. Модел за определяне на образователни качества на компютърни програми по химия. Автореферат на дисертация за присъждане на образователната и научна степен „доктор”, София, 2007.
- Кирова *и др.* 2010:** Кирова, М., Бояджиева, Е., Тафрова-Григорова, Т. Изследване на учебните постижения на учениците по „Химия и опазване на околната среда” според държавните образователни изисквания. – *Химия*, 2010, 2, 116 - 140.
- Лаутербах 1987:** Лаутербах, Р., Фрей, К. Програмни продукти за образователни цели: равностметка и перспективи. - *Перспективи*, 1987, 3, 443
- Ненова *и др.* 2002:** Ненова, Ст., Ганчева, Л. Система от критерии за оценка на образователни приложения. В: *Сборник доклади от научна конференция посветена на 100-годишнината от рождението на Дж. Атанасов*. ШУ “К. Преславски”, Шумен, 2002.
- Тафрова 2007:** Тафрова-Григорова, А. Съставяне на тестове. Приложено към обучението по химия, Педагог 6, София, 2007.
- Тафрова *и др.* 2008:** Тафрова-Григорова, А., Кирова, М., Бояджиева, Е., Кузманов, А. Държавните образователни изисквания по химия и опазване на околната среда – очаквания и реалност (резултати от едно изследване). – *Химия*, 2008, 6, 411-423.
- Тафрова *и др.* 2009:** Тафрова-Григорова, А., Бояджиева, Е., Кирова, М., Кузманов, А. Външно оценяване на постиженията на учениците по Химия и опазване на околната среда 9. клас. – *Химия*, 2009, 2, 94-124.



- Georgiadou 2001:** Georgiadou, E., Economidies, A., Michailidou, M., Mosha, A. Evaluation of Educational Software for the Purpose of Teaching Programming. Webnet2001 World Conference on the WWW and Internet, AACE, 2001, pp. 399-404. [http://conta.uom.gr/conta/filter\\_pub.asp?filter=37&lang=en](http://conta.uom.gr/conta/filter_pub.asp?filter=37&lang=en) (посетен 22.07.2010)
- Le 2007:** Le, Q., Le, T. Evaluation of educational software: theory into practice. In: Sigafos J., V. Green (Eds.) Technology and Teaching. Nova Science Publishers, New York, UK, 2007. <http://eprints.utas.edu.au/1328/> (посетен 22.07.2010)
- Marton 1994:** Marton, Ph., Harvey, D. L'Évaluation de Système d'Apprentissage multimedia interactif. - Educatechnologie, 3, 1994, <http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/no3/evalsam.html> (посетен 22.07.2010).
- Pham 1998:** Pham B. Quality evaluation of educational multimedia systems. - Australian Journal of Educational Technology, 2, 107-121, 1998. <http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet14/pham.html> (посетен 22.07.2010)
- Rhéaume 1994:** Rhéaume, J. L'évaluation des multimédias pédagogiques: de l'évaluation des systèmes à l'évaluation des action. - Educatechnologie, 3, 1994. <http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/no3/evalmult.html> (посетен 23.07.2010)
- Reddi 2003:** Reddi, U., Mishra, S. (Eds.) Educational multimedia. A Handbook for teacher-developers <http://www.cemca.org/EMHandbook/educational.htm> (посетен 22.07.2010).
- Reeves 1993:** Reeves, T. C. Evaluating interactive multimedia. In: Gayeski, D. M. (ed.). Multimedia for Learning Development, Application, Evaluation. Educational Technology publications. Englewood Cliffs, N.J., 1993.

д-р Милена Кирова, д-р Елена Бояджиева

Учебно-научна лаборатория по химическо образование, история и философия на химията, Химически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

[kirova\\_m@abv.bg](mailto:kirova_m@abv.bg); [leni\\_b@abv.bg](mailto:leni_b@abv.bg)

Dr. Milena Kirova

Research Laboratory on Chemistry Education and History and Philosophy of Chemistry,

Department of Physical Chemistry

University of Sofia,

1 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, BULGARIA

E-Mail: [kirova\\_m@abv.bg](mailto:kirova_m@abv.bg)

Dr. Elena Boiadjieva

Research Laboratory on Chemistry Education and History and Philosophy of Chemistry,

Department of Physical Chemistry,

University of Sofia,

1 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, BULGARIA

E-Mail: [leni\\_b@abv.bg](mailto:leni_b@abv.bg)

## Благодарности

Тази статия е разработена с частичната финансова подкрепа на проект BG051PO001-3.3.04/52 (Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси" 2007-2013, съфинансирана от "Европейския социален фонд" на Европейския съюз).