https://doi.org/10.53656/math2025-2-3-aos

Educational Technologies
Образователни технологии

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИСТЕМИ ЛИНЕЙНИ УРАВНЕНИЯ ЗА ИЗРАВНЯВАНЕ НА ХИМИЧНИ УРАВНЕНИЯ

Цветелина Пеева
Математическа гимназия „Д-р Петър Берон“, Варна (България)

Резюме. Статията описва СТЕМ урок, проведен с ученици от девети клас на МГ „Д-р Петър Берон“. В нея се разглеждат опитът и целта на авторката да надгради знанията на учениците за решаване на системи линейни уравнения (СЛУ) чрез запознаване с метода на Гаус. За целта са въведени понятията „матрица“, „ранг на матрица“ и „елементарни преобразувания на матрица“. Показано е едно приложение на СЛУ като универсален метод за изравняване на химични уравнения. Направен е извод за интереса от страна на учениците към темата и степента на усвояване на поднесения учебен материал, който е извън предвидения в учебните програми за задължителна и избираема подготовка в девети клас.

Ключови думи: метод на Гаус; матрица; стехиометрични коефициенти; STEM обучение

1. Въведение

Като учител на ученици с изявен интерес към математиката и висока мотивация за учене, често експериментирам, поднасяйки им научна информация над предвидената в учебната програма от задължителната и разширената подготовка. Старая се да поддържам техния интерес с материали, които допълват знанията им, разширяват математическата им култура и ги поставят пред предизвикателства за търсене на решения, в които се налага да се правят известни причинно-следствени връзки между знания, придобити по повече от един учебен предмет, и дори има възможност да се достигне до откриване на нови зависимости. Пред такива предизвикателства обикновено поставям своите ученици във факултативните учебни часове, в които няма оценки и в които има по-голяма свобода на мисленето и използваните методи на учене.

Урокът „Приложение на системи линейни уравнения в изравняване на химични уравнения“ е проведен в четири учебни часа в края на девети клас през учебната 2022/2023 година с ученици от МГ „Д-р Петър Берон“ – Варна, в часовете, предвидени за факултативна подготовка, като надграждане на темите за годишен преговор. Учебната програма за девети клас включва изучаването на темите: Тема 3. Системи линейни уравнения с две неизвестни и Тема 4. Системи уравнения от втора степен с две неизвестни. В един от действащите учебници (Tonov et al. 2018) в тема трета, има СЛУ с най-много три неизвестни. Както в учебника, така и в популярните сборници за девети клас са разгледани и примери за задачи за моделиране, които водят до съставяне на СЛУ с две и по-рядко с три неизвестни. Да споменем също, че задачи за моделиране, които водят до съставяне и решаване на СЛУ с три и дори четири неизвестни, има в повечето сборници за състезателна математика в четвърти клас, като например (Simeonova et al. 2008, pp. 53 – 56):

1. *В една детска градина купили 7 кукли, 3 топки и 11 мечета и заплатили 86 лева, а в друга детска градина купили 35 кукли, 15 топки и 58 мечета за 442 лева. Колко струва всяка от играчките, ако 1 кукла е с 5 лева по-евтина от 2 мечета?*

2. *В едно семейство имало четирима братя на различна възраст. Първият брат казал, че сборът от годините на другите трима е 20. Вторият брат казал, че сборът от годините на другите му братя е 22, третият – 24, четвъртият – 27. На колко години е всеки от братята?*

В училищния курс понятието „Система линейни уравнения“ се въвежда в 9. клас, но в състезателната математика, в учебната програма за допълнителна и разширена подготовка, а понякога и в задължителната подготовка се появяват такива задачи далеч по-рано. Особено при малките ученици (3. – 6. клас) решаването на този вид задачи изисква добър математически усет за изразяване на дадено неизвестно чрез останалите. Илюстрират се двата основни метода за решаване на СЛУ, изучавани в училище – чрез събиране и чрез заместване, но някои автори ги разглеждат като „задачи с отношения“

или „задачи от тип транзитивна релация“, и ги класифицират като тип логически задачи, които целят пропедевтика на понятието СЛУ (Koleva 2021, pp. 128 – 133). Пак там (Koleva 2021, p. 129) авторът предлага стъпки за нестандартно и по-лесно решаване на класифицираните „логически задачи от тип система“. Затова, считайки, че учениците ми в края на девети клас разполагат с достатъчна подготовка и потенциал, потърсих примери, които да водят до съставяне на СЛУ с повече от три неизвестни. Целта ми бе да запозная учениците с универсален метод, какъвто е методът на Гаус, за решаване на СЛУ. Много подходящи за целта примери се оказват задачите за изравняване на химични уравнения (Koleva 2020). В тях се разглеждат методи за изравняване на химични уравнения чрез намиране на стехиометричните коефициенти. Поради факта, че учениците в девети клас все още не са запознати с понятието „стехиометрия“ в часовете по химия, уместно е да го изясним. Цитираме записаното в учебника за профилирана подготовка за 11. клас по химия и опазване на околната среда (Varbanova et al. 2020, p. 13): „*Стехиометрията (от гр. стехиос – елемент, и метрима – измерване) е дял от химията, който изучава количествения състав на веществата и количествените отношения между тях при химичните реакции. Коефициентите в химичните уравнения, както и моларните отношения между веществата, участващи в дадена реакция, се наричат стехиометрични*“.

2. Методика

Вид на урока: Урок за преговор с въвеждане на нови знания.

Основна цел на урока: Да се запознаят учениците с метода на Гаус за решаване на СЛУ.

Конкретни цели на урока:

1. Преговор на понятия и твърдения, свързани с решаването на СЛУ.
2. Откриване на конкретни подходящи примери за изравняване на химични уравнения, които водят до постигане на основната цел.
3. Чрез аналогия с познатите методи за тъждествени преобразувания на уравнения и теоремите за еквивалентност на СЛУ

естествено да се въведат понятията „матрица“ и „елементарни преобразувания на матрица“.

4. Поддържане на високата мотивация на учениците за изучаване на математика чрез демонстриране на конкретни приложения в природните науки, в случая в химията.

3. Хипотеза

Ако поставим учениците в непозната ситуация с научен проблем, който изисква приложение на знанията по математика, в друга научна област и за чието решаване те разполагат с необходимия понятиен апарат и математически умения, то интересът и мотивацията им за учене ще бъдат повишени.

4. Научен апарат

Нови понятия: метод на Гаус за решаване на СЛУ, матрица, ранг на матрица, елементарни преобразувания на матрица, триъгълен и трапецовиден вид на матрица, стехиометрични коефициенти.

Известни (отпреди въведени) понятия: система линейни уравнения (СЛУ), съвместима, несъвместима, определена, неопределена система уравнения; равносилни уравнения, равносилни системи уравнения.

5. Ход на урока

Урокът започна като урок за преговор върху темата „Системи линейни уравнения“, в който поставих следните две СЛУ от популярен сборник (Kolarov et al. 2013, p.49)

Задача 1.
$$\left| \begin{aligned} x + 2y + 5z &= 125 \\ 2x + 5y + z &= 251 \\ 5x + y + 2z &= 512 \end{aligned} \right.$$

Задача 2.
$$\left| \begin{aligned} -2x + y + 3z &= 5 \\ x - 3y - 2z &= 5 \\ 3x - 4y - 4z &= 5 \end{aligned} \right.$$

Някои ученици бързо решиха системите по познатите методи, други правеха хаотични преобразувания и аритметично верни изразявания на неизвестните, които не водят до полезен ход или ненужно удължават решаването на задачата.

След кратко запознаване на учениците с целта на урока, а именно изучаване на бърз и универсален метод за решаване на СЛУ и приложението му за изравняване на химични уравнения, поставих познато за деветокласниците химично уравнение от техния учебник по химия за 9. клас (Tasheva et al. 2018, p.49). Записах уравнението без стехиометричните коефициенти със задача да го изравним, съставяйки система линейни уравнения (Koleva 2020).

Задача 3. Да се изравни химичното уравнение:
$xC_3H_8 + yO_2 \rightarrow zCO_2 + pH_2O + Q$, където Q означава отделена топлина.

Ясно е, че търсим коефициентите x, y, z, p $(x, y, z, p \in \mathbb{N})$, изразяващи броя молекули, реагиращи във взаимодействието.

Начертаваме следната таблица, следвайки модела в (Koleva 2020): в първата колона нанасяме всички химични елементи, които участват в химичната реакция, а в първия ред – изходните химични вещества и продуктите от реакцията. Разделяме с двойна черта изходните вещества в реакцията и продуктите, които се получават. Определяме броя атоми от всеки химичен елемент във всяко от четирите съединения, участващи в уравнението (виж табл. 1).

Таблица 1. Брой атоми от химичните елементи на съединенията от задача 3

	x	y	z	p
	C_3H_8	O_2	CO_2	H_2O
C	3	0	1	0
H	8	0	0	2
O	0	2	2	1

От познатия от часовете по химия и опазване на околната среда в 7. клас начин за изравняване на химични уравнения е ясно, че трябва да решим СЛУ:

$$\begin{cases}3x+0y=1z+0p\\8x+0y=0z+2p\\0x+2y=2z+1p\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}3x+0y-1z-0p=0\\8x+0y-0z-2p=0\\0x+2y-2z-1p=0\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}3x-z=0\\8x-2p=0\\2y-2z-p=0\end{cases}$$

$$\Leftrightarrow\begin{cases}\forall x\ \in\mathbb{N}\\z=3x\\p=4x\\y=5x\end{cases}$$

Решенията на системата са $(x, 5x, 3x, 4x)$. Тъй като търсим най-малките естествени стойности на неизвестните, то търсените стехиометрични коефициенти се получават за $x = 1$ и са $(1, 5, 3, 4)$. Така получаваме изравненото уравнение.

<u>Отговор:</u> $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + Q$.

Ясно е, че за да решим задачи, свързани с изравняване на химични уравнения, търсейки техните коефициенти, винаги ще достигаме до системи линейни уравнения. Системата, която получихме в първия пример, е доста лесна за решаване. Възниква въпрос: при химични реакции с повече участващи химични вещества и съответно достигане до решаване на по-сложни СЛУ има ли универсален начин за решаването им? Отговора на този въпрос дава методът на Гаус за решаване на СЛУ.

Нека сега да запишем матрицата от коефициентите на системата (за по-голямо удобство на учениците първоначално можем да записваме имената на променливите над коефициентите)

$$\begin{array}{cccc} x & y & z & p \end{array}$$
$$\begin{pmatrix}3&0&-1&0\\8&0&0&-2\\0&2&-2&-1\end{pmatrix}$$

По този начин въвеждаме понятията:

– матрица *(m x n)* с *m* реда *и n* стълба (обръщаме внимание на учениците, че броят на стълбовете *n* е равен всъщност на броя на неизвестните);

– елементарни преобразувания на матрица;

– ранг на матрица.

Така естествено въвеждаме елементарните преобразувания на матрица, като за учениците е ясно, че всъщност прилагат изучените вече теореми за равносилност на СЛУ.

Сега решението на системата, записана като матрица, ще изглежда така:

$$\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{x} & y & \boldsymbol{z} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} 3 & 0 & -1 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 2 & -2 & -1 \end{pmatrix} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{z} & y & \boldsymbol{x} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} -1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & -2 \\ -2 & 2 & 0 & -1 \end{pmatrix} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{z} & y & \boldsymbol{x} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & -1 \\ -2 & 2 & 0 & -1 \end{pmatrix} \end{array} \sim$$

$$\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{z} & y & \boldsymbol{x} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & -1 \\ 0 & 2 & -6 & -1 \end{pmatrix} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{z} & y & \boldsymbol{x} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 2 & -6 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & -1 \end{pmatrix} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \boldsymbol{z} & y & \boldsymbol{x} & p \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & -3 & -1/2 \\ 0 & 0 & 1 & -1/4 \end{pmatrix} \end{array}$$

Тъй като матрицата е от ранг $r = 3$, а $n = 4$, то системата ще има безброй много решения, т.е. е неопределена. В достигнатия трапецовиден вид на матрицата много лесно и очевидно за учениците е да определят броя на водещите неизвестни $(r = 3)$ и броя на параметрите $(n - r = 4 - 3 = 1)$, както и да изразят всички неизвестни чрез x. Лесно се ориентират също в определяне на съвместимостта и броя на решенията на системата.

$$\left| \begin{array}{l} \forall x \in \mathbb{N} \\ z = 3x \\ y = 5x \\ p = 4x \end{array} \right.$$

Определяме най-малката естествена стойност на параметъра $x = 1$ такава, че търсените неизвестни да са възможно най-малките етествени числа.

<u>Отговор:</u> $(1, 5, 3, 4)$.

Да изравним още едно уравнение, изразяващо позната за учениците химична реакция от техния учебник по химия за девети клас (Manev et al. 2017, p. 72).

Задача 4. Да се изравни уравнението: $xNH_3 + yO_2 \xrightarrow{t^\circ C} zNO + pH_2O$.
Упътване: по описания вече начин съставяме таблица (виж табл. 2).

Таблица 2. Брой атоми от химичните елементи на съединенията от задача 4

	x	y	z	p
	NH_3	O_2	NO	H_2O
N	1	0	1	0
H	3	0	0	2
O	0	2	1	1

Съставяме система със съответните неизвестни:

$$\begin{cases} 1x + 0y = 1z + 0p \\ 3x + 0y = 0z + 2p \\ 0x + 2y = 1z + 1p \end{cases}$$

Търсените стехиометрични коефициенти са $(4, 5, 4, 6)$ и получаваме изравненото уравнение.

<u>Отговор:</u> $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t^\circ C} 4NO + 6H_2O$.

Задача 5. Да се изравни уравнението:
$xK + yHNO_3 \rightarrow zKNO_3 + pN_2O + qH_2O$ (Velichkova, Robova 2008).
Решение:

Таблица 3. Брой атоми от химичните елементи на съединенията от задача 5

	x	y	z	p	q
	K	HNO_3	KNO_3	N_2O	H_2O
К	1	0	1	0	0
H	0	1	0	0	2
N	0	1	1	2	0
O	0	3	3	1	1

Тук предложението към учениците е да работим направо с матрицата от коефициентите, без да записваме системата. Това насочва фокуса на упражнението върху елементарните преобразувания в матрицата.

$$\begin{pmatrix}1&0&-1&0&0\\0&1&0&0&-2\\0&1&-1&-2&0\\0&3&-3&-1&-1\end{pmatrix}\sim\begin{pmatrix}1&0&-1&0&0\\0&1&0&0&-2\\0&0&1&2&-2\\0&0&0&1&-\frac{1}{5}\end{pmatrix}$$

От последната матрица в трапецовиден вид е ясно, че $r = 4,\ n = 5$, следователно системата има безброй много решения, изразени чрез един параметър (нека да е q).

Решенията на системата са: $\left(\frac{8}{5}q,\ 2q,\ \frac{2}{5}q,\ \frac{8}{5}q,\ q\right)$.

Най-малкото възможно $q \in \mathbb{N}$, такова, че да получим наредена петорка от най-малките възможни естествени числа, е $q = 5$. Оттук получаваме стехиометричните коефициенти на уравнението: $x = 8,\ y = 10,\ z = 8,\ p = 1,\ q = 5$.

<u>Отговор:</u> $8K + 10HNO_3 \rightarrow 8KNO_3 + N_2O + 5H_2O$.

Следващата задача е от учебник за профилирана подготовка по химия и опазване на околната среда (Varbanova et al. 2020).

Задача 6. Да се изравни уравнението:
$xAl_4C_3 + yH_2O \rightarrow zAl(OH)_3 + pCH_4$.

<u>Отговор:</u> $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$.

Накрая остава да се върнем към примерите, поставени в началото на часа (задачи 1. и 2.). Тук свободните членове не са нули, но учениците лесно се ориентират.

$$\left|\begin{array}{l}x + 2y + 5z = 125\\2x + 5y + z = 251\\5x + y + 2z = 512\end{array}\right.$$

Записваме разширената матрица:

$$\left(\begin{array}{ccc|c}1&2&5&125\\2&5&1&251\\5&1&2&512\end{array}\right)\quad /.(-2)\qquad /.(-5)$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c}1&2&5&125\\0&1&-9&1\\0&-9&-23&-113\end{array}\right)\quad /.9\quad \sim\left(\begin{array}{ccc|c}1&2&5&125\\0&1&-9&1\\0&0&-104&-104\end{array}\right)\sim$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 5 & 125 \\ 0 & 1 & -9 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{array}\right)$$

Оттук следва системата

$$\left| \begin{aligned} x + 2y + 5z &= 125 \\ y - 9z &= 1 \\ z &= 1 \end{aligned} \right. \qquad \text{с решение: } (100, 10, 1).$$

Вторият пример от дадените в началото на часа (задача 2) оставяме за самостоятелно упражнение.

При интерес ето още няколко подходящи примери за самостоятелно упражнение (Velichkova & Robova 2008).

Да се изравнят химичните уравнения:

Задача 7. $xCu + yHNO_3 \rightarrow zCu(NO_3)_2 + pNO + qH_2O$
Отговор: $(x, y, z, p, q) = (3, 8, 3, 2, 4)$

Задача 8. $xFeSO_4 + yKMnO_4 + zH_2SO_4 \rightarrow$
$pFe_2(SO_4)_3 + qMnSO_4 + uK_2SO_4 + vH_2O$
Отговор: $(x, y, z, p, q, u, v) = (10, 2, 8, 5, 2, 1, 8)$

Задача 9. $xKMnO_4 + yH_2SO_4 \rightarrow zK_2SO_4 + pMnSO_4 + qH_2O + uO$
Отговор: $(x, y, z, p, q, u) = (2, 3, 1, 2, 3, 5)$

Задача 10. $xAl + yNaOH + zH_2O \rightarrow pNa[Al(OH)_4] + qH_2$
Отговор: $(x, y, z, p, q) = (2, 2, 6, 2, 3)$.

Важно е да се отбележи, че някои от тези окислително-редукционни процеси са окачествени като „по-трудни“ за изравняване чрез изучавания по химия и опазване на околната среда метод на електронния баланс, за чието прилагане се изисква добре да се познават химичните свойства на окислителите и редукторите. Посоченият метод за изравняване чрез съставяне на СЛУ е универсален и в него не се изисква познаване на химичните свойства на веществата, той може да се прилага при всички видове окислително-редукционни процеси, дори при тези, при които атомите си променят степента на окисление. Затова считаме, че той може да служи за допълнителна проверка.

5. Изводи и перспективи

В резултат на проведения урок мога да направя следните изводи.

1. Учениците възприеха естествено и с лекота въведените нови понятия и проявиха интерес към изравняването на предложените химични уравнения по този начин.

2. Обосновавайки се на обратната връзка от учениците, правя извод, че целите на урока са постигнати и направената хипотеза е потвърдена.

3. Подходящо е провеждането на интегриран СТЕМ урок в десети клас по математика и химия с цел съпоставка на усвояването от учениците на двата метода за изравняване на химични уравнения – разгледаният в настоящата статия метод и изравняване на окислително-редукционни процеси (ОРП) с метода на електронния баланс, предвиден в учебната програма по химия за десети клас. Възможно е да се проведе педагогически експеримент с проверка на следната хипотеза: „Ако се научат учениците да изравняват окислително-редукционни процеси и с метода на СЛУ, то те ще го предпочитат като по-бърз и свързан с по-малко затруднения спрямо метода на електронния баланс“. Интерес би представлявало провеждането на такъв експеримент и съпоставка на резултатите в поне две паралелки с различни профили – профил „Математически“ и профил „Природни науки“. Посочените примери в задачите за самостоятелно упражнение са добра база за провеждане на такъв педагогически експеримент.

6. Заключение

В заключение искам да споделя, че този урок бе много интересен за учениците, методът на Гаус за решаване на СЛУ им допадна, те го определиха като „лесен“ и „приятен“. Приложението на СЛУ в изравняване на химични уравнения също бе прието с интерес от деветокласниците.

В настоящите учебни програми за профилирана подготовка по математика понятието „матрица“ не се споменава. Матрици и детерминанти обаче безспорно имат полезни приложения в аналитичната геометрия (елементи от аналитичната геометрия се изучават в Профил 1. „Геометрия" в профилираната подготовка по математика в 11. клас), в природните науки, в програмирането и в състезателната подготовка по математика, информатика и природни науки. Затова считам, че въвеждането на понятието „матрица" в края на девети клас при ученици с изявен интерес към математиката е полезно и разширява математическата им култура.

Убедена съм, че уроци, свързани с компетентностен подход в обучението, силно мотивират учениците и им носят удовлетвореност от положения от тях труд.

Благодарности

Изказвам благодарност на гл. ас. д-р Камелия Колева – преподавател в НВУ „Васил Левски", Велико Търново, която ме вдъхнови да създам този урок, запознавайки ме със свои научни разработки по темата. Благодаря също на Красимира Йорданова, д-р Ивайло Трайков и Валери Лилов, колеги по химия и опазване на околната среда, за ценните им препоръки и насоки в използваната литература и някои химични понятия.

ЛИТЕРАТУРА

ВЕЛИЧКОВА, Л., РОБОВА, Г., 2008. Химични процеси. Химия на елементите и техните съединения. Теми за ученици и кандидат-студенти. Абагар. София.

ВЪРБАНОВА, Н., МИХОВА, Л., УШАГЕЛОВ, И., ДЯНКОВА, Н., СТАМЕНОВ, Н., ШОПОВА М., НИКОЛОВА, М., КАРАВАСТЕВА, М., 2020, Химия на неорганичните вещества 11. клас профилирана подготовка. Педагог 6. София.

КОЛАРОВ, К., ПЕТКОВ, П., ПЕТКОВА, М., АРНАУДОВ, П., АРНАУДОВА, Л., 2013. Сборник по алгебра 7. – 12.клас. Интеграл. Добрич.

КОЛЕВА, К., 2020. Три математически модела за изравняване на химични уравнения. Сборник доклади от Годишната университетска научна конференция на НВУ „Васил Левски", Велико Търново, том 3, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, с. 131 – 144.

КОЛЕВА, К., 2021. Логическите задачи. Монография. ИТИ. Велико Търново.

МАНЕВ, СТ., АТАНАСОВ, К., МИХОВА, Л., 2017. Химия и опазване на околната среда (първа част за 9. клас при обучение с интензивно изучаване на чужд език), Просвета. София.

СИМЕОНОВА, К., СТАРИБРАТОВ, И., СИМЕОНОВ, В., 2008. Сборник по математика за извънкласна работа за четвърти клас. Изкуства. София.

ТАШЕВА, Д., АТАНАСОВ, К., МАНЕВ, СТ., МИХОВА, Л., 2018. Химия и опазване на околната среда (втора част за 9.клас при обучение с интензивно изучаване на чужд език). Просвета. София.

ТОНОВ, И., ШАРКОВА, И., ХРИСТОВА, М., КАПРАЛОВА, Д., ЗЛАТИЛОВ, В., 2018. Математика за 9. клас. Регалия 6. София.

REFERENCES

KOLAROV, K., PETKOV, P., PETKOVA, M., ARNAUDOV, P., ARNAUDOVA, L., 2013. Sbornik po algebra 7. – 12. class. Integral. Dobrich (in Bulgarian).

KOLEVA, K., 2021. Logicheskite zadachi. Monografiya. ITI. Veliko Tarnovo (in Bulgarian)

KOLEVA, K., 2020. *Tri matematicheski modela za izravnyavane na himichni uravneniya.* Sbornik dokladi ot Godishnata universitetska nauchna konferenciya na NVU "Vasil Levski", Veliko Tarnovo, vol. 3, Izdatelski kompleks na NVU "Vasil Levski", pp. 131 – 144 (in Bulgarian)

MANEV, ST., ATANASOV, K., MIHOVA, L., 2017. Himiya I opazvane na okolnata sreda (pyrva chast za 9. class pri obuchenie s intenzivno izuchavane na chuzhd ezik). Prosveta. Sofiya (in Bulgarian).

SIMEONOVA, K., STARIBRATOV, I., SIMEONOV, V., 2008. Sbornik po matematika za izvynklasna rabota za chetvyrti class. Izkustva. Sofia (in Bulgarian).

TASHEVA, D., ATANASOV, K., MANEV, S., MIHOVA, L., 2018. Himiya I opazvane na okolnata sreda (vtora chast za 9. klas pri

obuchenie s intenzivno izuchavane na chuzhd ezik). Prosveta. Sofiya (in Bulgarian).
TONOV, I., SHARKOVA, I.,HRISTOVA, M., KAPRALOVA, D., ZLATILOV, V., 2018. Matematika za 9. class. Regalia 6. Sofia. (in Bulgarian).
VARBANOVA, N., MIHOVA, L., USHAGELOV, I., DYANKOVA, N., STAMENOV, N., SHOPOVA, M., NIKOLOVA, M., KARAVESTEVA, M., 2020, Himiya na neorganichnite veshtestva 11. class, profilirana podgotovka. Pedagog 6. Sofiya. (in Bulgarian).
VELICHKOVA, L., ROBOVA, G., 2008. Himichni procesi. Himiya na elementite I tehnite syedineniya. Temi za uchenici I kandidat-studenti. Abagar. Sofija. (in Bulgarian).

APPLICATION OF SYSTEMS OF LINEAR EQUATIONS IN BALANCING CHEMICAL EQUATIONS

Abstract. The article describes an integrated STEM lesson conducted with students of the ninth grade of High school of Mathematics "Dr. Peter Beron". It examines the author's attempt to upgrade the students' knowledge of solving systems of linear equations (SLE) by introducing the Gauss method to them. For this purpose, the concepts of matrix, matrix rank and elementary transformations in a matrix are introduced. One application of SLE as a universal method for balancing chemical equations is shown. A conclusion is made about the students' interest in the topic and the degree of assimilation of the presented learning material, which is beyond the scope of the curricula for compulsory and optional training optional training in Grade 9.

Keywords: method of Gauss; matrix; stoichiometric coefficients; STEM education

✉ **Tsvetelina Peeva**
Senior mathematics teacher
High School of Mathematics "Dr. Petar Beron"
Varna, Bulgaria
E-mail: tsvetelina.peeva@mgberon.com