УДК 373.3/.5.016:54:51
DOI: 10.15587/2519-4984.2024.304888

СИСТЕМИ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ ТА ТЕОРІЯ ПОДІЛЬНОСТІ В СТРУКТУРІ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

В. К. Кірман, М. М. Некрасова

This article is dedicated to the analysis of the role of linear algebraic models and related divisibility theory issues in the mathematical activity of a chemistry teacher. The work has investigated the place and informational-logical connections of linear algebraic models in the system of mathematical competence of a chemistry teacher and has justified its significance. Examples from the school chemistry course have been given, where systems of linear algebraic equations have been actively used both over the field of real numbers and over the ring of integers. Various scenarios for solving problems, in fact reduced to linear algebraic models, have been illustrated. Such tasks have included classic problems with many reagent components as well as setting coefficients in complex chemical equations. The advantages and disadvantages of synthetic methods using chemical reasoning and formal algebraic methods have been analyzed. It has been substantiated that the teacher needed to understand the mathematical essence of the corresponding models to generate any solution and guide the students' corresponding work. The possibility of applying the basics of number theory in teaching chemistry has been shown. An analysis of the possession of relevant mathematical skills of working chemistry teachers has been conducted. Approaches were developed to improve the level of chemistry teachers' skills of solving and analyzing systems of linear equations with real and integer variables in the conditions of postgraduate pedagogical education of teachers.

The results, obtained in the work, have shown the need for an analysis of mathematics curricula in pedagogical and classical universities, sections related to linear algebra, as well as the introduction of the basics of number theory into mathematics curricula. The need to introduce mathematical training into the system of advanced training of chemistry teachers has been proven. Possible further research on this topic is related to the active implementation of blocks of linear algebraic models into the courses of advanced training of chemistry teachers and further analysis of their effectiveness

Keywords: *mathematical competence, chemistry teacher, postgraduate education, systems of linear equations, pedagogical education*

How to cite:
Kirman, V., Nekrasova, M. (2024). Systems of linear equations and the theory of divisibility in the structure of mathematical competence of a chemistry teacher. ScienceRise: Pedagogical Education, 2 (59), 56–62. doi: http://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.304888

© The Author(s) 2024
This is an open access article under the Creative Commons CC BY license

1. Вступ

Математична компетентність є однією з складових предметно-методичної компетентності вчителя хімії, вона безпосередньо пов'язана з предметно-педагогічною діяльністю вчителя, яка проєктується в навчальну діяльність здобувача освіти. Математика разом з цифровими технологіями складають базові інструменти для предметної діяльності в галузі хімії [1, 2], причому математичні навички мають як прямий, так і непрямий вплив на предметну діяльність [3].

Математичну компетентність здобувачів освіти формують усі предмети природничої освітньої галузі, в тому числі хімія. Тому математична компетентність учня має бути в розширеному вигляді присутня і у вчителя, в деякому розумінні можна вважати, що математична компетентність вчителя проєктується у відповідну компетентність учня. Діяльність в галузі шкільного курсу хімії пов'язана з відповідною математичною діяльністю і має певну специфіку. Простий аналіз показує, що одними з найважливіших моделей в хімії є лінійні моделі, тобто моделі, що описуються системами лінійних рівнянь, до них зводяться різноманітні задачі з багатьма компонентами хімічних реакцій, а також при формальному підході завдання на встановлення коефіцієнтів хімічних рівнянь. Водночас традиційно в шкільному курсі хімії такі моделі застосовуються достатньо рідко при розв'язуванні задач. Це обумовлено декількома причинами, серед них можна виділити принципове небажання розглядати складні моделі, які описують реальні явища через те, що математичні проблеми не закрили суто хімічний зміст, неврахування синхронності вивчення відповідних тем в курсі математики. Також слід сказати, що неправильним є розуміння використання математики за принципом, коли ти чи інші навички будуть сформовані на уроках математики, а потім застосовані в інших предметах природничої освітньої галузі. Математична компетентність,

як ключова, має бути сформованою усіми шкільними предметами. Це може відноситись до задач на розставлення коефіцієнтів хімічних рівнянь, де крім апарату систем лінійних рівнянь мають використовуватися достатньо прості методи теорії чисел. До суб'єктивних причин можна віднести неволодіння в повній мірі відповідними питаннями вчителями хімії.

У цілому, дослідження місця ролі лінійних алгебраїчних моделей в структурі математичної компетентності вчителя хімії може допомогти вдосконалити навчання хімії та покращити успішність учнів у цьому предметі. Відповідна науково-методична проблема досліджена недостатньо.

2. Літературний огляд.

Ряд робіт дослідників описують стандартні математичні методи при навчанні предметів природничої освітньої галузі [4, 5], відповідні питання для курсу хімії, як арифметичні [6], алгебраїчні [7], загально-логічні [8], відповідні принципові вимоги до математичних навичок в шкільному курсі хімії відображено в роботах [9, 10]. При цьому для учнів старшої школи досліджено проблемні питання засвоєння математичних навичок в цілому [1, 11], і конкретно для хімії [3, 12], а також можливі ускладнення [13].

Структура професійної компетентності вчителів природничої освітньої галузі розглядаються в роботі С. Стрижак та О. Куленко [14], які виділяють такі самоменеджмент, операційну, фахову, методичну, загальнокультурну та психологічну компетентності. Розвиток тісно пов'язаної з математичною, цифровою компетентністю вчителів природничої освітньої галузі в системі післядипломної педагогічної освіти розглядається Н. Грабовським [15]. Відповідно нові шляхи удосконалення інформаційно-цифрової компетентності вчителів природничих предметів та інтегрованих курсів розглядаються Г. Чаус, Є. Кочергою, О. Романець [16]. Одними з найважливіших інститутів, які опікувались післядипломною освітою вчителів є установи післядипломної педагогічної освіти, тому принципово важливим є дослідження І. Шевченко, присвячене розвитку фахової компетентності вчителя природничої освітньої галузі саме в умовах таких установ [17].

Існує ряд досліджень, які присвячені ролі розвитку математичної компетентності вчителя хімії на етапі професійного навчання [18, 19]. Cai Anchen та Zhou Ying у роботі [20] виявили чіткий лінійний зв'язок між досягненнями в математиці та хімії студентів, які отримували освіту майбутніх педагогів-природничників. Matúš Ivan та Renata Šulcová [21] виявили питання, які викликають найбільші труднощі у студентів, які отримають хімічну освіту, серед них перше за рейтингом є застосування алгебраїчних розрахунків у хімії. Стратегіям розвитку математичних вмінь майбутніх вчителів хімії присвячено роботу Shernazarov Iskandar Ergashovich [22].

Розвитку математичної компетентності вчителів природничої освітньої галузі на етапі їх активної професійної діяльності присвячено ряд робіт: вчителів географії [23], біології [24], фізики [25]. У роботі [26] дано означення математичної компетентності вчителя хімії, побудовано модель математичної компетентності вчителя хімії з урахуванням її, як підсистеми системи предметно-методичної компетентності, розглянуто функції математичної компетентності в процесі професійної діяльності вчителя хімії, запропоновано підходи до її вимірювання. В ході цього дослідження показано також, що питання розв'язування та аналізу систем лінійних рівнянь є одним з найскладніших для працюючих вчителів хімії. Отже, проблематика даної статті є актуальною.

3. Мета та завдання дослідження

Метою статті є аналіз блоку лінійних алгебраїчних моделей в структурі математичної компетентності вчителя хімії закладу загальної середньої освіти.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Дати формальне означення лінійної моделі, характерної для хімічних задач.
2. Провести класифікацію лінійних моделей в хімічних задачах шкільного курсу.
3. Навести приклади використання лінійних моделей в задачах шкільного курсу хімії.
4. Обґрунтувати можливість використання моделей з цілими коефіцієнтами в шкільному курсі хімії.
5. Дослідити готовність вчителів хімії реалізовувати лінійні моделі в навчальному процесі.
6. Запропонувати підходу до покращення володіння лінійними моделями вчителями хімії.

4. Матеріали та методи

У дослідженні використано дані тестувань. Дані збиралися протягом 2022 та 2023 років, у тестуванні брали участь 341 респондентів, від усіх учасників тестувань отримано було згоду на дослідження. Тестування проводилось анонімно під час проведення практичних занять на курсах підвищення кваліфікації вчителів хімії. Респонденти заповнювали GOOGLE- форму, результати вимірювань збиралися в GOOGLE таблицю, далі оброблялись методами дескриптивної статистики. У тестовій формі респондетам пропонувалися завдання де треба було розв'язати систему лінійних рівнянь, задачу на знаходження НСД, НСК (нйбільного спільного дільника, найменшого спільного кратного), задачу на анліз простих властивостей подільності.

У роботі використано методи системного аналізу (під час дослідження методів розв'язування спеціальних типів хімічних задач проведено аналіз та класифікацію стратегій розв'язування відповідних задач, оцінено їх ефективність, запропоновано синтез різних стратегій), педагогічного моделювання (побудовано можливі сценарії навчання здобувачів освіти розв'язувати обчислювальні задачі з хімії, теоретично обґрунтовано можливість використання декількох сценаріїв), дескриптивної статистики (під час обробки результатів знаходилися міри центральної тенденції).

5. Результати дослідження

Лінійну модель будемо далі ототожнювати з системою лінійних рівнянь (1):

$$\begin{cases} a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \ldots + a_{1,n}x_n = b_1; \\ a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \ldots + a_{2,n}x_n = b_2; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \ldots + a_{m,n}x_n = b_m. \end{cases} \quad (1)$$

Або у матричному вигляді

$$Ax = b. \quad (2)$$

Тут $A = \left(a_{i,j}\right)_{m\times n}$, $b = \left(b_i\right)_m$ – матриця параметрів моделі, в хімічних задачах, як правило, $m \le n$, вектор $x = \left(x_i\right)_m$ – вектор розв'язків. Усі компоненти вектору розв'язків за змістом задач невід'ємні. Отже, задачу (1) можна розглядати як задачу фіктивного лінійного програмування, цільова функція якої – константа. Для таких задач розроблено стандартні алгоритми розв'язання. Вчителю бажано розуміти це, але відповідні питання виходять далеко за межі шкільної програми з математики, тому при розв'язанні задачі (1) на практиці використовують штучні методи.

Можна виділити два типи лінійних моделей, що зустрічаються в хімічних задачах. Їх умовно можна поділити на неперервні та дискретні. У неперервних моделях усі параметри моделі дійсні числа, а компоненти вектору розв'язків невід'ємні дійсні числа. Для дискретних моделей – параметри моделі цілі числа, а компоненти вектору розв'язків – натуральні. Можна вести також розмову про розширені неперервні моделі, де не робиться обмежень на знак розв'язків. Останні можна розв'язувати використовуючи будь-які методи лінійної алгебри, але щодо всіх таких задач на практиці, виходячи з умов, можна вести розмову про єдиність та існування рішення. Для систем двох рівнянь з двома невідомими використовуються усі можливі елементарні методи, для задач більшої розмірності можна використовувати метод Гауса, який фактично в неявному вигляді розглядається в шкільному курсі математики. Наведемо приклад відповідної задачі [27]: "На розчинення 24,9 г суміші алюмінію та цинку витратили 438 г хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 10 %. Визначте масову частку цинку (%) у вихідній суміші".

Розв'язання цієї задачі може мати такий вигляд. Визначимо масу хлоридної кислоти в розчині:

$$m(HCl) = m(розчину)\,w(HCl) = 438г \cdot 0.1 = 43,8г$$

Складаємо рівняння хімічних реакцій:

$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2\uparrow$
$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$

Позначимо кількість речовини алюмінію за x моль, тоді відповідна кількість речовини хлоридної кислоти складає $3x$ моль. Кількість речовини цинку позначаємо як y моль, тоді відповідна кількість речовини хлоридної кислоти становить $2y$ моль. Тоді маса алюмінію становить $27x$ г, а маса цинку $65y$ г. Маса хлоридної кислоти, що була витрачена в обох реакціях, становить $71(3x+2y)г$.

Складаємо систему рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} 27x + 65y = 24,9; \\ 71(3x+2y) = 43,8. \end{cases}$$

Розв'язуємо цю систему рівнянь. Отримуємо $x = 0,2, y = 0,3$. Отже, ми знайшли кількості речовини алюмінію та цинку. Знайдемо масу цинку:

$$m(Zn) = 65г/моль \cdot 0,3моль = 19,5г$$

Визначаємо масову частку цинку в початковій суміші:

$$w(Zn) = m(Zn)/mсуміші = 19,5г/24,9г = 0,7831$$

Отже, масова частка в початковій суміші складає 78,31 %

Як бачимо, розв'язання наведеної задачі зводиться до системи лінійних рівнянь з двома невідомими, яка за змістом задачі має єдиний допустимий розв'язок. Такі системи учні вже 7 класу мають вміти розв'язувати методом підстановки, додавання, наближено графічно. Усіма цими методами треба володіти й учителю хімії. Звернемо увагу, що дану систему краще за все розв'язувати методом додавання. Але в чому полягає проблема для учня. На уроках математики метод додавання відпрацьовується, як правило на "хороших" числах, тобто пропонуються задачі без ускладнень в обчисленнях. Будь-яка прикладна з точки зору математики задача завжди містить "незручні обчислення". Розв'язування саме таких задач на уроках хімії удосконалює навички здобувачів освіти розв'язування систем лінійних рівнянь.

На нашу думку, у класах з поглибленим вивченням хімії доцільно було б ознайомити учнів з формулами Крамера, які, до речі, на елементарному рівні доводяться для систем з двома невідомими. Також ми вважаємо, що для класів з поглибленим вивченням математики доцільно було пропонувати задачі з більшою розмірністю і розглядати їх як на уроках хімії, так і на уроках математики, це сприяє розвитку двох ключових компетентностей: математичної та у природничих науках і технологіях.

Другий тип моделей чітко виникає в задачах розставлення коефіцієнтів в хімічних рівняннях. Але тоді задача (1) має вигляд:

$$\begin{cases} a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \ldots + a_{1,n}x_n = 0; \\ a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \ldots + a_{2,n}x_n = 0; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \ldots + a_{m,n}x_n = 0. \end{cases} . \quad (3)$$

Задача (3) з фіктивною цільовою функцією стає задачею цілочисельного лінійного програмування після заміни $y_i = x_i - 1$, для розв'язування яких

існують спеціальні алгоритми. Але на практиці, як правило, достатньо штучних методів. Якщо не вимагати додатності змінних вектору розв'язків, то можна сформулювати на елементарному рівні алгоритм знаходження допустимого розв'язку. Припустимо, добираючи коефіцієнти хімічної реакції, прийшли до системи (3), розв'язуючи її методом Гауса (поступове вилучення змінних) приходимо, що одні змінні виражаються лінійно через інші (для зручності вільні змінні позначаємо x_i. , а інші z_k). Тоді можна вважати, що

$$\begin{cases} z_1 = f_{1,1}x_1 + f_{1,2}x_2 + \ldots + f_{1,l}x_l; \\ z_2 = f_{2,1}x_1 + f_{2,2}x_2 + \ldots + f_{2,l}x_l; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ z_r = f_{r,1}x_1 + f_{r,2}x_2 + \ldots + f_{r,l}x_l. \end{cases} \quad (4)$$

тут $r + l = n$ та числа $f_{i,j}$ раціональні, отже, можна вважати, що $f_{i,j} = m_{i,j} / n_{i,j}$. Вважаємо, що дроби нескоротні, чисельники цілі, а знаменники – натуральні числа. Тоді можемо обрати

$$x_i = НСК\left(n_{i,1}; n_{i,2}; \ldots; n_{i,r}\right). \quad (5)$$

Далі обчислюємо інші змінні з (4). Очевидно, що такий алгоритм не гарантує їх додатність. Після знаходження всіх розв'язків (3) за відповідним алгоритмом необхідно їх поділити на їх спільний дільник. На практиці вихід на (4) може бути здійснений в неявному вигляді і проблеми з від'ємними розв'язками не виникають.

Наведемо приклади. Припустимо, що треба розставити коефіцієнти в рівнянні:

$NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$

Якщо скористатися методом електронного балансу, то отримаємо наступну модель розв'язання.

$N^{+4} - 1e^- \rightarrow N^{+5}$

$O_2^0 + 4e^- \rightarrow 2O^{-2}$

Знайшовши найменше спільне кратне для кількості відданих і прийнятих електронів, ставимо коефіцієнти перед окисником і відновником, після чого урівнюємо ліву і праву частини рівняння.

$4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$

Розглянемо, як працює формальний алгебраїчний метод. Отже, шукаємо натуральні числа x, y, z, t, такі, що

$xNO_2 + yO_2 + zH_2O \rightarrow tHNO_3$

Складаємо балансові співвідношення для кожного хімічного елемента.

Для N: $x = t$; для O: $2x + 2y + z = 3t$; для H: $2z = t$

Тепер, очевидно, маємо, що $x = t = 2z$, і підставляючи в друге рівняння, отримаємо, що $4z + 2y + z = 6z$ або $z = 2y$. Тоді маємо остаточно:

$z = 2y$; $x = 4y$; $t = 4y$.

Якщо обрати $y = 1$, то маємо, що $z = 2, x = t = 4$.

Звернемо увагу, що формальний алгебраїчний метод тут має таку ж складність, як і метод електронного балансу, але він відображає суть задачі і може бути використаним до того, як учні засвоїли метод електронного балансу.

Є ситуації, коли неможливо розставити коефіцієнти методом електронного балансу, наприклад у рівнянні

$xNH_4Cl + yCa(OH)_2 \rightarrow zCaCl_2 + tNH_3 + sH_2O$.

Складаємо балансові рівняння для кожного елемента:

N: $x = t$;

H: $4x + 2y = 3t + 2s$;

Ca: $y = z$;

Cl: $x = 2z$;

O: $2y = s$.

З другого рівняння з списку, отримаємо $4x + 2y = 3x + 4y$, тоді $x = 2y$. Маємо $x = 2y; z = y; t = 2y; s = 2y$. Беремо $y = 1$, *тоді*

$x = 2; z = 1; t = 2; s = 2$.

Остаточно рівняння реакції має такий вигляд:

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$.

Звернемо увагу, що наведені вище міркування – це просто формалізація звичайних міркувань по виставленню коефіцієнтів.

Розглянемо більш складне рівняння, де коефіцієнти можна визначити двома способами:

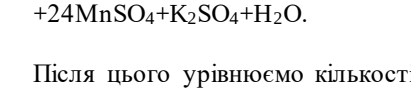
$C_6H_{12}O_6 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$.

Наступні міркування моделюють метод електронного балансу.

$6C^0 - 24e^- \rightarrow 6C^{+4}$

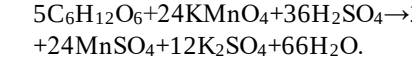
$Mn^{+7} + 5e^- \rightarrow Mn^{+2}$

Знаходимо найменше спільне кратне для відданих та прийнятих електронів і ставимо коефіцієнти перед окисником і відновником.



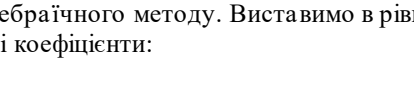
$5C_6H_{12}O_6+24KMnO_4+H_2SO_4 \rightarrow 30CO_2+$
$+24MnSO_4+K_2SO_4+H_2O.$

Після цього урівнюємо кількості атомів хімічних елементів в лівій та правій частині рівняння.



$5C_6H_{12}O_6+24KMnO_4+36H_2SO_4 \rightarrow 30CO_2+$
$+24MnSO_4+12K_2SO_4+66H_2O.$

Проілюструємо використання формального алгебраїчного методу. Виставимо в рівнянні невизначені коефіцієнти:



$xC_6H_{12}O_6+yKMnO_4+zH_2SO_4 \rightarrow tCO_2+sMnSO_4+$
$+uK_2SO_4+vH_2O.$

Знову для кожного хімічного елементу виписуємо балансові рівняння:

C: $6x = t;$

H: $12x + 2z = 2v;$

O: $6x + 4y + 4z = 2t + 4s + 4u + v;$

K: $y = 2u;$

Mn: $y = s;$

S: $z = s + u.$

Далі $t = 6x, y = 2u, z = s + u = 3u$ та $s = y = 2u$ підставляємо в рівняння для O: $6x + 12u = 12x + 4u + v$ *або* $6x - 8u + v = 0$. Рівняння для H після скорочення на 2 та підстановок дає $6x + 3u = v$. Отже, маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 6x - 8y = -v; \\ 6x + 3y = v. \end{cases} \quad (6)$$

З якої маємо, що $u = \frac{2}{11}v$, $x = \frac{5}{66}v$. Нам треба, щоб усі змінні були цілими, тому число v має бути кратним 11 і 66, вважаємо, що $v = 66k$, де k – деяке ціле число, яке ми можемо добирати з міркувань цілості інших коефіцієнтів. Маємо: $v = 66k; x = 5k; u = 12k; y = 24k; z = 36k; s = 24k.$ Тепер можна покласти *k=1*, після чого отримаємо шукані коефіцієнти.

На нашу думку, учитель має ознайомити учнів з різними способами розв'язування задачі, оцінити перевагу кожного. В методичному контексті метод формальних алгебраїчних моделей вчитель може використовувати при навчанні до 9 класу, коли ще учням є невідомим метод електронного балансу. Звернемо увагу, що системи лінійних рівнянь з двома змінними входять в курс математики 7 класу. Водночас, саме на уроках хімії може відбутися зовнішня пропедевтика і розвиток прикладних математичних вмінь, де розглядаються системи з більшою кількістю невідомих, які зводяться до систем з двома невідомими з параметром.

Водночас, вчитель хімії для успішної реалізації діяльності, що пов'язано з використанням лінійних моделей повинен мати відповідну математичну підготовку. Звернемо увагу, що в останньому прикладі для розв'язання задачі треба ще володіти базовими прийомами теорії подільності. Наші спостереження показують відсутність стійких навичок у вчителів в даних питаннях. Так за нашими даними, лише 38 % вчителів вільно можуть розв'язувати системи лінійних рівнянь з двома невідомими, не більше 3 % можуть працювати з системами, де кількість невідомих більша за 2, найпростіші задачі на знаходження НСК та НСД не може виконати понад 26 % респондентів, а задачі з використанням основних властивостей подільності не можуть виконати понад 87 % респондентів. Отже, постає питання розвитку математичної компетентності вчителів хімії в даних напрямках.

Вважаємо, що частково дану проблему можна було б вирішити введенням на курсах підвищення кваліфікації вчителів 4-годинного блоку, присвяченому основам лінійної алгебри та її проєкції в шкільний курс математики та природничих дисциплін, а також основам теорії подільності. Важливо, щоб вчитель хімії усвідомив основні поняття теорії подільності, властивості подільності, властивості НСД, НСК, був ознайомлений з найпростішими діофантовими рівняннями. На нашу думку, доцільно в програми з математики для майбутніх вчителів хімії вставляти розділи з основами теорії чисел.

Обмеження дослідження пов'язані з недостатньою інформацією щодо рівнів стартової математичної підготовки вчителів хімії в галузі алгебри та теорії чисел а також з відсутністю повної інформації щодо програм з математики в різних педагогічних та академічних університетах, що готували та готують вчителів хімії для закладів загальної середньої освіти.

Подальші дослідження полягають в аналізі результативності курсів підвищення кваліфікації вчителів з додатковою математичною підготовкою, розробки банку задач з хімії з використанням багатокомпонентних лінійних моделей, синтезу використання аналітичних та цифрових технологій в розв'язуванні шкільних хімічних задач.

6. Висновки

1. Лінійна модель, характерна для задач хімії – це фактично система лінійних рівнянь над полем дійсних чисел або над кільцем цілих чисел. Лінійні алгебраїчні моделі мають займати принципово важливу роль в системі математичної компетентності вчителя хімії, в контексті хімічних задач вони тісно пов'язані з теоретико-числовими навичками та використанням цифрових технологій. В явному та неявному виглядах лінійні моделі над полем дійсних чисел і над кільцем цілих широко використовуються в шкільному курсі хімії, тому вчителю необхідно володіти відповідними математичними питаннями

для гнучкого керування процесами формування навичок розв'язування обчислювальних задач у здобувачів освіти. У більшості, значну кількість задач можна розв'язувати синтетичними методами з використанням предметних міркувань, так і більш загальними формальними методами.

2. Лінійні моделі шкільного курсу хімії можна розділити на неперервні та дискретні. Дискретні моделі – це системи лінійних рівнянь з цілочисельними невідомими. Розв'язування таких систем вимагає володіння навичками теоретико-числових міркувань, які необхідно розвивати вчителям хімії для подальшої роботи зі здобувачами освіти.

3. Неперервні лінійні моделі фактично описують значну кількість хімічних розрахункових задач. Неволодіння методами аналізу таких моделей значно звужує клас прикладних задач з хімії, які можна було б розглядати в шкільному курсі. Дискретні моделі природно описують процеси знаходження коефіцієнтів рівнянь в хімічних реакціях.

4. Формально аналіз дискретних моделей в хімічних задачах зводиться до задач цілочисельного лінійного програмування, але в силу специфіки для більшості конкретних задач відповідний аналіз можливо здійснити елементарними математичними методами. Водночас для реалізації цих методів необхідна мінімальний практикум з перетворень лінійних виразів та основ теорії подільності на рівні, що не перевищують формально програму з математики 7 класу.

5. Проведено аналіз володіння реально працюючими вчителями хімії відповідними математичними вміннями. Сучасний рівень математичної підготовки вчителів хімії не дозволяє їм вільно користуватися формальними алгебраїчними методами, тому є актуальною проблема розвитку математичної компетентності вчителів хімії в галузі лінійної алгебри, теорії чисел та їх проєкцій у шкільний курс математики.

6. Розвиток математичної компетентності вчителів хімії в галузі аналізу лінійних моделей може бути реалізованим під час проведення курсів підвищення кваліфікації вчителів в системі неперервної післядипломної педагогічної освіти через введення математичних тренінгів в систему підвищення кваліфікації вчителів хімії. Отримані у роботі результати показують необхідність аналізу програм з математики в педагогічних та класичних університетах, розділів, що стосуються лінійної алгебри, а також введення в програми з математики основ теорії чисел.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Рукопис не має пов'язаних даних.

Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Література

1. de Berg, K. C. (2012). Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of Chemistry. Educación química, 23, 265–270. Available at: https://www.scribd.com/document/720965224/Using-the-Origin-of-Chemical-Ideas-to-Enhance-an-Understanding-o-2012-Educac

2. Adigwe, J. C. (2013). Effects of Mathematical Reasoning Skills on Students ' Achievement in Chemical Stoichiometry, Review of Education Institute of Education Journal, 23, 1–22.

3. Bain, K., Rodriguez, J. M. G., Towns, M. H. (2019). Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning. Journal of Chemical Education, 96 (10), 2086–2096. Available at: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.9b00523

4. Martin-Raugh, M. P., Reese, C. M., Howell, H., Tannenbaum, R. J., Steinberg, J. H., Xu, J. (2016). Investigating the Relevance and Importance of Mathematical Content Knowledge Areas for Beginning Elementary School Teachers. Princeton: Educational Testing Service, 269. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570650.pdf

5. Pereira, J., Wijaya, T. T., Zhou, Y., Purnama, A. (2021). Learning points, lines, and plane geometry with Hawgent dynamic mathematics software. Journal of Physics: Conference Series, 1882 (1), 012057. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012057

6. Wong, V. J. (2008). The relationship between school science and mathematics education. [PhD Thesis; King's College].

7. Vigo-Aguiar, J., Brändas, E. J. (2009). Mathematical and computational tools in theoretical chemistry. Journal of Mathematical Chemistry, 48 (1), 1–2. https://doi.org/10.1007/s10910-009-9612-7

8. Effiong, M., Theresa, U., Udofia, M. (2014). Effects of mastery learning strategy on students, achievement in symbols, formulae, and equations in chemistry. Journal of Educational Research and Reviews, 2, 28–35.

9. Högskola, S., Turner, L. E. (2020). Cultivating a research imperative: Mentoring mathematics at. Historia Mathematica, 50, 50–83.

10. Thomson, M. M., Turner, J. E., Nietfeld, J. L. (2012). A typological approach to investigate the teaching career decision: Motivations and beliefs about the teaching of prospective teacher candidates. Teaching and Teacher Education, 28 (3), 324–335. https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.10.007

11. Celik, S. (2014). Chemical Literacy Levels of Science and Mathematics Teacher Candidates. Australian Journal of Teacher Education, 39 (1). https://doi.org/10.14221/ajte.2014v39n1.5

12. de Berg, K. C. (2019). The Reaction and Its Equilibrium Constants: The Role of Mathematics and Data Analysis. SpringerBriefs in Molecular Science, 53–69. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27316-3_6

13. Güneş, İ., Özsoy-Güneş, Z., Derelioğlu, Y., Kırbaşlar, F. G. (2015). Relations between Operational Chemistry and Physics Problems Solving Skills and Mathematics Literacy Self-efficacy of Engineering Faculty Students. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 174, 457–463. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.689

14. Стрижак, С. В., Куленко, О. А. (2019). Формування професійно-педагогічної компетентності майбутніх учителів природничих дисциплін. Тенденції і проблеми розвитку сучасної хімічної освіти. Івано-Франківськ, 38–42.

15. Грабовський, П. П. (2016). Розвиток інформаційної компетентності вчителів природничо-математичних предметів у післядипломній педагогічній освіті. [Дис. … канд. наук; Житомирський державний університет імені Івана Франка].

16. Чаус, Г. Г., Кочерга, Є. В., Романець, О. А. (2022). Удосконалення інформаційно-цифрової компетентності вчителів природничої освітньої галузі як основа якісного дистанційного навчання учнів. Науковий журнал Хортицької національної академії. Педагогіка. Соціальна робота, 2 (7), 37–46.

17. Шевченко, І. А. (2018). Розвиток фахової компетентності вчителів природничих дисциплін у післядипломній педагогічній освіті. [Дис. … канд. наук.; Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського].

18. Niyazova, G. Z., Berkimbaev, K. M., Pralieva, R. S., Berdi, D. K., Bimaganbetova, A. K. (2013). To the question of professional competence of teacher of chemistry. Life Science Journal, 10 (9), 193–197. Available at: https://www.researchgate.net/publication/298097045_To_the_question_of_professional_competence_of_the_future_teacher_of_chemistry

19. Iwuanyanwu, P. N. (2021). Addressing common deficiencies of mathematics skills among chemistry student teachers. African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences, 17 (1), 1–16. https://doi.org/10.4314/ajesms.v17i1.1

20. Anchen, C., Ying, Z. (2022). Mathematics Learning Permormance: Its Correlation with Chemistry Learning Performance. Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 5 (2), 134–146. https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i2.12075

21. Ivan, M., Šulcová, R. (2017). Mathematics, chemistry and science connection as a basis of scientific thinking. SHS Web of Conferences, 37, 01017. https://doi.org/10.1051/shsconf/20173701017

22. Shernazarov, I. E. (2023). Improvement of the task aimed at the development of mathematical and natural science literacy of future chemistry teachers on the basis of ix adaptation to the educational process. International scientific journal. Innovation the journal of social sciences and researches, 1 (5), 31–39. https://doi.org/10.5281/zenodo.7552673

23. Кірман, В. К., Соколова, Е. Т. (2020). Системний аналіз математичної компетентності вчителя географії. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка, 1, 41–51. https://doi.org/10.25128/2415-3605.20.1.10

24. Кірман, В., Чаус, Г. (2020). Структурно-параметрична модель математичної компетентності вчителя біології та підходи до її ідентифікації. Актуальні питання природничо-математичної освіти, 1 (15), 100–112. Available at: https://repository.sspu.edu.ua/items/285cd366-18bd-4405-b669-354cb2e4b399

25. Кірман, В., Романець, О., Чаус, Г. (2023). Модель математичної компетентності вчителя фізики. Вісник Дніпровської академії неперервної освіти. Філософія. Педагогіка, 1 (4), 97–104. https://doi.org/10.54891/2786-7005-2023-1-16

26. Kirman, V., Nekrasova, M., Chaus, H. (2024). Mathematical competence of the chemistry teacher and its structure. Bulletin of Postgraduate Education (Series), 28 (57), 65–90. https://doi.org/10.58442/2218-7650-2024-28(57)-65-90

27. Березан, О. (2009). Збірник задач з хімії. Тернопіль: Підручники і посібники, 320.

Received date 02.04.2024
Accepted date 21.05.2024
Published date 31.05.2024

Кірман Вадим Кімович, Кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра математичної, природничої та технологічної освіти, Комунальний заклад вищої освіти «Дніпровська академія неперервної освіти» Дніпропетровської обласної ради», вул. Володимира Антоновича, 70, м. Дніпро, Україна, 49006
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8107-6618

Некрасова Марія Михайлівна*, Старший викладач, Кафедра математичної, природничої та технологічної освіти, Комунальний заклад вищої освіти «Дніпровська академія неперервної освіти» Дніпропетровської обласної ради», вул. Володимира Антоновича, 70, м. Дніпро, Україна, 49006
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-7209-0471

***Corresponding author:** *Maria Nekrasova, e-mail: nekrasova@dano.dp.ua*