

прямолінійних залежностей логарифма R_U від $n \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \lg R_U}{\Delta n}$ і електронегативність виключає можливість довільної зміни величин, що співставляються.

Узгодження комплексу дослідних даних про різні фізико-хімічні властивості атомів і їх іонів з величинами R_U й $\operatorname{tg} \alpha$ дає приведену в роботі [6] залежність:

$$\lg R_{UA}^X = \lg R_{UA}^0 - x \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

де R_{UA}^0 - радіус атома в незбудженому стані, а x - валентність.

Використання рівнянь типу (1) дозволяє уникнути утруднень сучасних теорій хімічного зв'язку і одержати фізично осмислений опис результатів міжатомної взаємодії.

Утворення хімічного зв'язку супроводжується перебудовою валентних електронних оболонок взаємодіючих атомів, внаслідок якої їх сферична симетрія порушується. Однак, при будь-якому типі зв'язку перерозподіл електронів здійснюється так, щоб забезпечувалася неперервність і плавність хвильової функції. Оскільки рівняння (1) описують зміну R_U атомів А і В при зміні числа електронів на орбіталях кожного, то залежність (1), приймає вигляд системи:

$$\lg R_{UA}^{+X} = \lg R_{UA}^0 - x \operatorname{tg} \alpha_A \quad (2)$$

$$\lg R_{UA}^{-X} = \lg R_{UA}^0 - x \operatorname{tg} \alpha_B \quad (3)$$

$$d_1 = R_{UA}^x + R_{UB}^{-x} \quad (4)$$

де $R_{UA,B}^0$ - радіус атома в незбудженому стані, а x - валентність.

Систему рівнянь (2-4) записано в припущенні, що абсолютні значення зарядів взаємодіючих атомів рівні. При цьому складний процес перебудови електронних оболонок взаємодіючих атомів зводиться до передачі електронів з орбіталей одного на орбіталі іншого. Видалення електронів (+ Δq) або їх локалізація (- Δq) на даному напрямку проводилась за методикою [1].

З урахуванням наведених зауважень у даній роботі стало можливим описати залежність енергії зв'язку НГО від міжатомних відстаней і електронних конфігурацій, що проводили з використанням виразу:

$$D_{A-B}^{(i)} = \frac{c_1(R_{UA}^0 + R_{UB}^0)}{(\operatorname{tg} \alpha_A + \operatorname{tg} \alpha_B)} \left(\frac{c_2 d_i}{d_1^2 - R_{UA}^{(i)} R_{UB}^{(i)}} - \frac{1}{d_i} \right) \quad (5)$$

де R_{UB}^0, R_{UA}^0 – радіуси атомів в незбудженому стані;

R_{UA}, R_{UB} – сферичні радіуси;

$\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс кута нахилу прямолінійних залежностей логарифма R_{UA} від числа електронів n на орбіталях атомів;

d_i - міжатомні відстані;

C_1 – коефіцієнт, що відображає взаємозв'язок розмірних та енергетичних характеристик і має розмірність енергії (eV).

C_2 – відображає тип кристалічної структури та кількісний взаємозв'язок між величинами (R_{UBi} / R_{UTe}) і приймає в наближенні розглядуваної моделі значення $C_2=1$.

Результати розрахунків ефективних енергій, ефективних радіусів, міжатомних відстаней та енергій зв'язку приведені в таблиці.

Таблиця

Ефективні радіуси, міжатомні відстані та енергії зв'язку нееквівалентних гібридних орбіталей в Bi_2Te_3

d_i, R_U, D_i	φ_1	$\varphi_1(Te_1-Te_2)$	$\varphi_2(Bi-Bi)$	$\varphi_3(Bi-Te_1)$	$\varphi_4(Bi-Te_2)$	$\varphi_5(Bi-Bi)$	$\varphi_6(Te_1-Te_1)$
d_j (Å)		2,88	3,1	3,12	3,22	3,5	3,57
R_U^{Bi} (Å)		-	1,55	1,847	1,906	1,75	-
R_U^{Te} (Å)		1,439	-	1,273	1,314	-	1,785
D_j (eV)		2,761	2,759	2,554	2,489	2,26	2,259

Аналіз отриманих результатів показав, що приведені в роботі залежності можуть бути використані не лише для розрахунків енергії зв'язку окремих НГО в кристалах Bi_2Te_3 , але й для розробки технологічних режимів отримання нових матеріалів системи Bi-Te з прогнозованим набором властивостей. Отримані в роботі результати узгоджуються з приведеними в [1], результатами досліджень діаграм стану стабільної та метастабільної рівноваги, уточнюють можливості фазових переходів та поліморфних перетворень при формуванні фізико-хімічних властивостей отримуваних матеріалів з прогнозованими властивостями.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Гольцман Б. М. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 / Б. М. Гольцман, В. А. Кудинов, И. А. Смирнов. 1972. – 320 с. – (М. «Наука»).
2. Маник О.М., Маник Т.О., Білінський-Спотиков В.Р. Моделі хімічного зв'язку Bi_2Te_3 // Термоелектрика, 2017, №3, С 62-70.
3. Маник О. Н. Особенности электронного строения гибридных орбиталей и межатомного взаимодействия в кристаллах антимонид кадмия. / О. Н. Маник, Т. О. Маник, В. Р. Билинский-Слотыло. // Термоэлектричество, 2016, №5. С. 63–71.
4. Молекулярная модель и химическая связь теллура. / А. А.Ащеулов, О. Н. Маник, Т. О. Маник, В. Р. Билинский-Слотыло // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2010, №5-6, С. 46–50. (т.89)
5. Особливості хімічного зв'язку телуру / А. А.Ащеулов, О. Н. Маник, Т. О. Маник, Т. О. Билинский-Слотыло. // Фізика і хімія твердого тіла. 2011, №2, С. 389–394. (т.12)
6. Маник О.М., Маник Т.О., Білінський-Спотиков В.Р. Особливості електронної будови гібридних орбіта лей і міжатомної взаємодії в кристалах CdSb // Термоелектрика №5, 2016, С 62-70.
7. D.P. Belotskii, O.N. Manik, On the Relationship between Thermoelectric Material Melts' Properties and the State Diagrams 1.Regularires of Cleavage Manifestation in the State Diagrams, J.Thermoelectricity 1, 21 – 47 (1996).
8. Белоцкий Д.П., Маник О.М. О взаимосвязи электронных свойств и структуры расплавов термоэлектрических материалов с диаграммами состояния. 3. Структура ближнего порядка и характер химической связи. Термоэлектричество. 2001. №3. С. 3 – 24.

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доцент Маник О.М.

УДК 373:512

*Марія Дімітрова, Олена Синюкова
(Одеса, Україна)*

ПРО ЗМІСТОВУ ЛІНІЮ РІВНЯНЬ І НЕРІВНОСТЕЙ У КУРСАХ МАТЕМАТИКИ БАЗОВОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Властивості множини дійсних чисел дозволяють будувати у курсах математики закладів загальної середньої освіти цілісну змістову лінію «Рівняння і нерівності». Запропоновано схему подібної розбудови для рівнянь і нерівностей з однією змінною.

Ключові слова: множина дійсних чисел, рівняння, нерівність, система рівнянь і нерівностей, сукупність рівнянь і нерівностей, рівносильність, рівняння-наслідок.

Properties of the set of real numbers allows to build an integral content line «Equations and Inequalities» in Mathematical courses of secondary school. A scheme of such construction for equations and inequalities with one variable is suggested.

Key words: the set of real numbers, equation, inequality, system of equations and inequalities, collection of equations and inequalities, equivalence, an equation-consequence.

Згідно діючої навчальної програми з математики для базової загальної середньої школи ([1,2]), лінія рівнянь і нерівностей, як і раніше, є однією з основних змістових ліній відповідних курсів математики. За своїм математичним підґрунтям вона є наступною для змістової лінії «Числа» і взаємопроникливим чином пов'язана зі змістовими лініями «Вирази» та «Функції». У відповідності до назви «Рівняння і нерівності» складається уява про те, що мова йде про цілісну змістову лінію. Але насправді, і згідно змісту навчальної програми, і згідно запропонованого різними сучасними підручниками характеру його розкриття, лінія «Рівняння» і лінія «Нерівності» є відокремленими одна від одної, по відношенню до лінії «Рівняння» розкриття змісту лінії «Нерівності» відбувається з певним запізненням. Так, протягом опанування навчального матеріалу 5-8 класів, учні, які вивчають математику за звичайною програмою, мають справу лише з рівняннями. З теорією числових нерівностей, а потім, і нерівностей з однією змінною, вони знайомляться лише на початку 9-го класу. Для учнів, які оволодівають навчальною програмою для поглибленого вивчення математики у 8-9 класах, відповідний розрив є трішки меншим, систематичне знайомство з числовими нерівностями для них передбачено вже п'ятою темою навчального матеріалу курсу алгебри 8-го класу. З логічного і, здається, історичного поглядів така ситуація не є природною. З методичної точки зору цей факт жодним чином не сприяє формуванню в учнів уявлення про цілісний характер природи математичних знань.

Насправді, математичної і, здається, методичної доцільності у подібному роздвоєнні єдиної змістової лінії «Рівняння і нерівності» немає. З математичної точки зору, при визначенні елементів нової, більш широкої підмножини множини дійсних чисел неможливо уникнути відповідей на питання, за яких обставин два числа цієї нової множини вважаються рівними і, як на цій множині вводяться бінарні відношення «більше» та «менше». Отже, поняття про числову рівність та числову нерівність, вірну та невірну числові рівності, вірну та невірну числові нерівності, складають першу, невід'ємну частину кожного чергового етапу введення нової, більш широкої, підмножини множини дійсних чисел. При цьому для цієї множини виникає можливість як встановлення, так і строгого обґрунтування основних властивостей числових рівностей і нерівностей.

Все це створює підґрунтя для паралельної розбудови таких понять, як рівняння та нерівність, у першу чергу, з однією змінною. Одночасно, у базовій середній школі, для будь-якого за поглибленням рівнем навчання математики, треба вводити поняття про системи та сукупності рівнянь і нерівностей, у першу чергу з однією змінною, мішані системи рівнянь і нерівностей з однією змінною, системи таких сукупностей та сукупності систем. Це чудово, що у діючій навчальній програмі з математики «процес розв'язання рівняння трактується як послідовна заміна даного рівняння рівносильним йому рівнянням» ([1, с. 12]). Але, по-перше, тут варто підкреслити, що більш простим, рівносильним до нього рівнянням з метою послідовного переходу до найпростішого рівняння, треба навести (вже, зрозуміло, у підручнику) означення і приклади найпростіших рівнянь. По-друге, навіть у достатньо простих випадках, за подібною методикою достатньо часто доводиться рівносильним чином переходити від рівняння не просто до іншого рівняння, а до сукупності або системи рівнянь чи нерівностей. Аналогічним чином трактується і процес розв'язання нерівностей. Знову-таки, принципово важливим є питання про те, що таке найпростіша нерівність і як грамотно записувати множину її розв'язків. Стосовно програм, варто ще зауважити, що при розв'язанні рівнянь базового шкільного курсу математики обмеження теорією рівносильних переходів, як з математичного, так і з методичного поглядів, є недоцільною. Треба, принаймні, розглядати ще теорію переходів до рівнянь-наслідків (до того ж, саме за цією методикою відбувається розв'язування рівнянь у початковій школі).

З ідейної точки зору запропонований матеріал, насамперед стосовно виокремлених теорій розв'язання рівнянь і нерівностей, є близьким (але далеко не тотожним) до відповідного матеріалу, представленого у підручниках Є. П. Неліна (див, ([3,4], наприклад) для старшої середньої школи. У той же час авторами розроблено можливу схему паралельної розбудови теорії рівнянь і нерівностей з однією змінною для базової середньої школи. Застосування подібного підходу у курсі математики старшої середньої школи відкриває,