Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

ЗБІРНИК

МАТЕРІАЛІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТУДЕНТІВ ТА МАГІСТРАНТІВ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ імені Івана Огієнка

Фізико-математичні науки

Випуск 6

Кам'янець-Подільський
2009

УДК 378(477ю43):51+53](082)
ББК 74.58+22

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:
Серія КВ № 14705- 3676 ПР від 12.12.2008 р.

Друкується згідно з ухвалою вченої ради Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 10 від 29 жовтня 2009 р.).

Збірник матеріалів наукових досліджень студентів та магістрантів Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. - Випуск 6. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2009. – 60 с.

Збірник містить матеріали наукових досліджень студентів та магістрантів фізико-математичного факультету Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ЗМІСТ

УДК 681.3

Венгрова О.О., студентка 5 курсу фізико-математичного факультету
Науковий керівник – **Бейко І.В.,** доктор технічних наук, професор

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ У ТЕХНОЛОГІЇ SharePoint (+SLK)

Розглядається питання розробки електронного навчального курсу з використанням технології SharePoint (+SLK).

Ключові слова: *SharePoint, SLK, навчальний курс.*

Використання комп'ютерних технологій у навчанні на сучасному етапі є досить звичайною і поширеною річчю. Основним процесом у навчальних закладах є освітній, і підвищення його ефективності є одним із головних пріоритетів. Метою розробки навчальних курсів є отримання комплексного рішення, яке об'єднуватиме всіх учасників навчального процесу та буде орієнтоване на формування єдиного інформаційного простору з перенесенням частини навчальних і організаційних процесів у віртуальне середовище.

Технологія SharePoint виявилась найкращим рішенням для розробки навчальних курсів завдяки можливості публікації документів, інформування, персоналізації контенту, вбудованій інтеграції з доменними службами Windows Server і програмами пакету Microsoft Office, а також завдяки наявності надбудови SharePoint Learning Kit (SLK), що дозволяє організувати процес навчання на основі електронних курсів у міжнародному форматі SCORM.

Використання SLK для розробки навчального курсу надає ряд суттєвих переваг, що дозволяють:

1) керувати навчальними матеріалами;
2) призначати навчальні матеріали у якості завдань для студентів;
3) студентам самостійно призначати собі навчальні матеріали в якості завдань;

4) проводити тестування студентів, у тому числі адаптивне;
5) отримувати звіти про проходження студентами навчальних матеріалів і результати тестування [1,2].

У якості завдань та довідкових матеріалів викладач може призначити документи Microsoft Office, різноманітні медіа-файли, PDF-книги та інші документи, які зберігаються в бібліотеці документів SharePoint.

SLK дозволяє доопрацьовувати і адаптовувати продукт для потреб конкретного навчального закладу, а також включає потужний інтерфейс програмування (API), який надає можливість створювати додаткові компоненти. Крім вказаного, реалізовано гнучке налаштування користувацького інтерфейсу без написання коду.

SharePoint + SLK розв'язує задачі створення та керування інформаційним змістом у рамках навчального процесу, створення цільових аудиторій та розповсюдження ними актуальної навчальної інформації, накопичення та обробки результатів завдань та колективної роботи над ними.

Таким чином, навчальний комплекс розроблений з використанням технології SharePoint і SLK не тільки значно полегшує численні процеси і операції, які виникають у ході навчального процесу, дозволяє організовувати ефективну взаємодію між викладачами та особами, які навчаються, але і формує інтерес студентів до безперервного вивчення сучасних інформаційних технологій, що є досить суттєвим для підготовки високопрофесійних кадрів для IT-індустрії.

Список використаних джерел:

1. *http://www.codeplex.com/SLK*
2. *http://www.microsoft.com/education/SLK.mspx*

The article describes questions of development training course in SharePoint technology (+SLK)

Key words: *SharePoint, SLK, test system, training course*

УДК 539.2:621.315.548.0:612.029.62

Губрик О.І., студент 6-го курсу фізико-математичного факультету
Науковий керівник – **Криськов Ц.А.,** кандидат фізико-математичних наук, доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СПОЛУКИ PbTe

Синтез та дослідження коефіцієнта термо-ЕРС сполуки PbTe. Досліджено вплив домішок на тип провідності та коефіцієнт термо-ЕРС.

***Ключові слова**: термоелектричні матеріали, термо-ЕРС, телурид свинцю.*

Ефективність використання термоелектричного матеріалу в першу чергу визначається його можливістю досягнення високих значень термоелектричної добротності ($Z=\alpha^2\sigma/\chi$, де α – коефіцієнт термо-е.р.с., σ – питома електропровідність, χ –- коефіцієнт теплопровідності).

Сполуки $A^{IV}B^{VI}$ - перспективні напівпровідникові матеріали для створення термоелектричних пристроїв, які працюють в інтервалі температур від кімнатної до *800-900 К.* Серед халькогенідів свинцю вигідно відрізняється своїми властивостями телурид свинцю: багатодолинний характер енергетичного спектру (N=4); низькі значення ґраткової теплопровідності ($\chi_Г$=2,09-10^{-3} *Вт* $К^{-1}$ $см^{-1}$); порівняно високі рухливості носіїв ($\mu \sim 10^3$ $см^2 В^{-1} с^{-1}$;); найбільше значення величини $\mu\chi^{-1}$, що веде до суттєвого зростання максимального значення термоелектричної добротності (Z_{max}).

Збільшення відношення рухливості носіїв струму до теплопровідності речовини можна досягти введенням ізовалентних атомів заміщення за рахунок зростання розсіювання фононів і суттєвого зменшення коефіцієнта теплопровідності ($\chi_Г$). Ще одним важливим моментом підвищення Z є зростання коефіцієнта термо-е.р.с. для області сильного виродження за рахунок селекції носіїв за енергією бар'єрами на границях кристалітів чи на блоках зерен, що особливо ефективно для тонкоплівкового матеріалу. У зв'язку із цим, задача підвищення термоелектричної добротності включає не тільки розробку технологічних методів покращення об'ємних параметрів плівок, але і методи цілеспрямованого створення визначених властивостей міжкристалічних та міжзеренних границь.

Не дивлячись на тривалі та багаточисельні дослідження телуриду свинцю, у літературі відсутні систематизовані дані відносно всього комплексу термоелектричних характеристик. Це частково пов'язано з тим, що різні автори досліджували тільки окремі сторони питання. Останнє ускладнює проблему оптимізації властивостей тонкоплівкового матеріалу та параметрів термоелектричних пристроїв. Крім того, для підвищення їх робочих характеристик необхідне чітке розуміння фізичних процесів, що відбуваються в базовому матеріалі при його експлуатації у визначених умовах. Розв'язання цих завдань може відкрити нові можливості практичного використання телуриду свинцю та його аналогів.

На даному етапі роботи нами було досліджено вплив домішок на тип провідності і зміну коефіцієнта термо-ЕРС. Суть домішок полягала в частковій заміні основної речовини іншою. В першому випадку, рис. 1 була зроблена часткова заміна свинцю на телур, тобто в сполуці утворився надлишок телуру. В другому випадку, рис. 2 була зроблена часткова заміна телуру на свинець, тобто в сполуці утворився надлишок свинцю. В третьому випадку, рис. 3 було замінено 5 % телуру на індій. В четвертому випадку, рис. 4 було замінено 10 % телуру на індій.

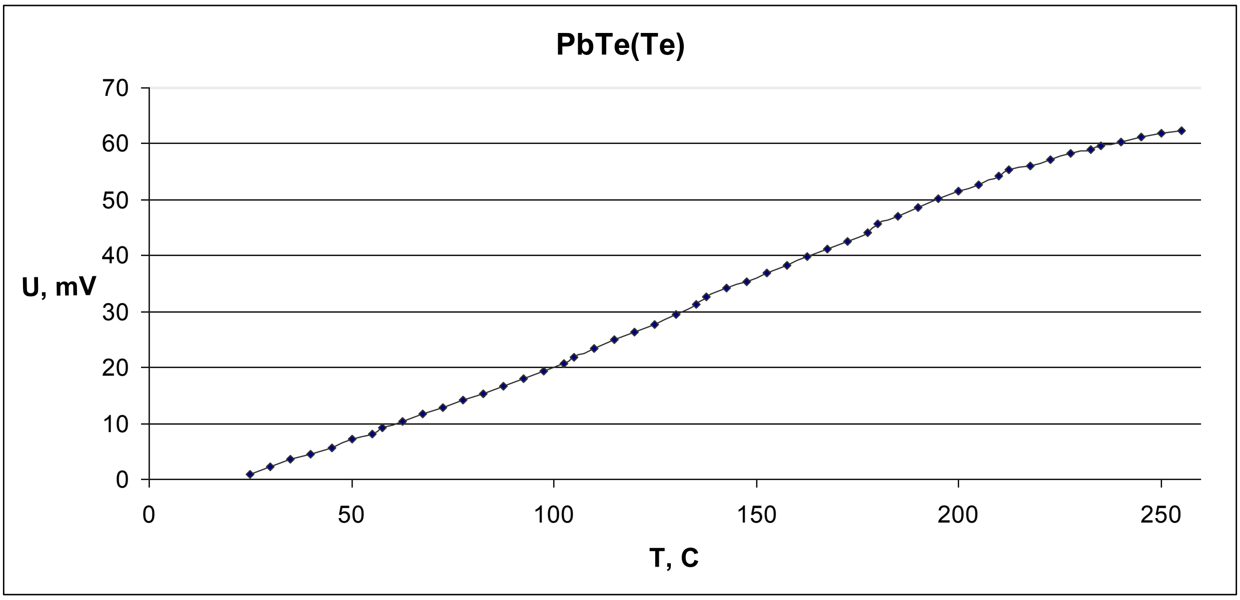


Рис. 1 Графік залежності термо-ЕРС телуриду плюмбому від температури. Коефіцієнт термо-ЕРС дорівнює 297.

З даних досліджень можна зробити висновок, що найкращим варіантом є часткове заміщення свинцю телуром, проте для подальших досліджень нам потрібні сполуки різних типів провідності. Тому доречно використовувати також і часткову заміну телуру індієм, оскільки це дає також досить непогані результати і також змінює тип провідності.

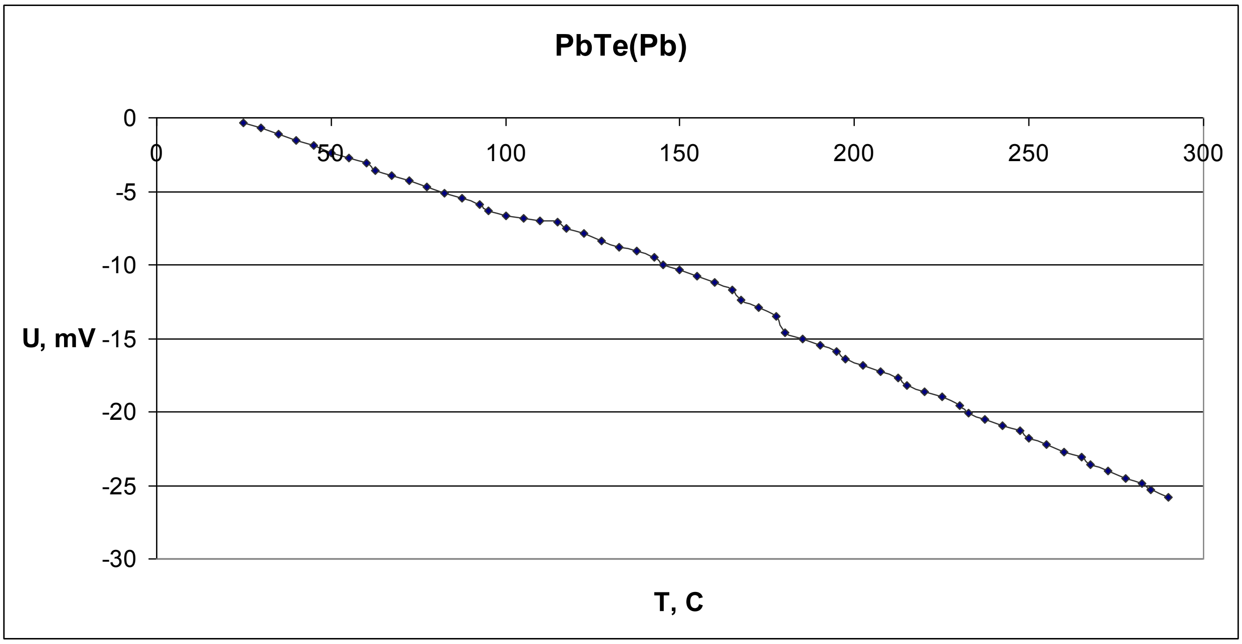


Рис. 2 Графік залежності термо-ЕРС телуриду плюмбому від температури. Коефіцієнт термо-ЕРС дорівнює 76.

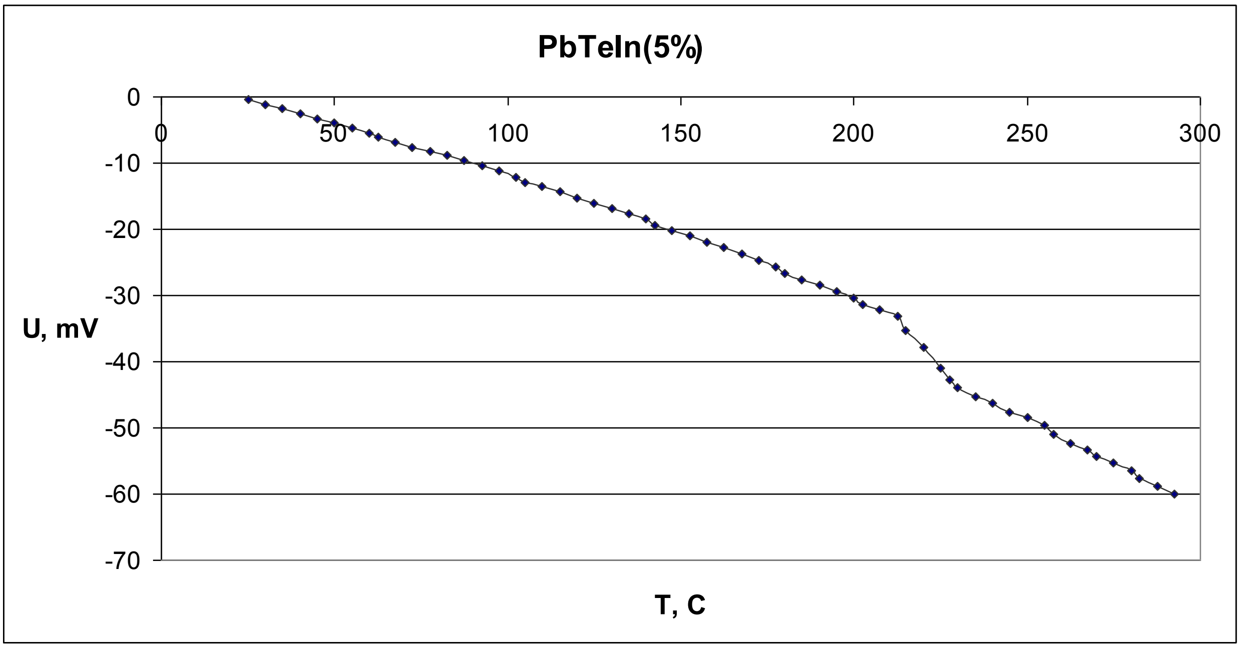


Рис. 3 Графік залежності термо-ЕРС телуриду плюмбому від температури. Коефіцієнт термо-ЕРС дорівнює 210.

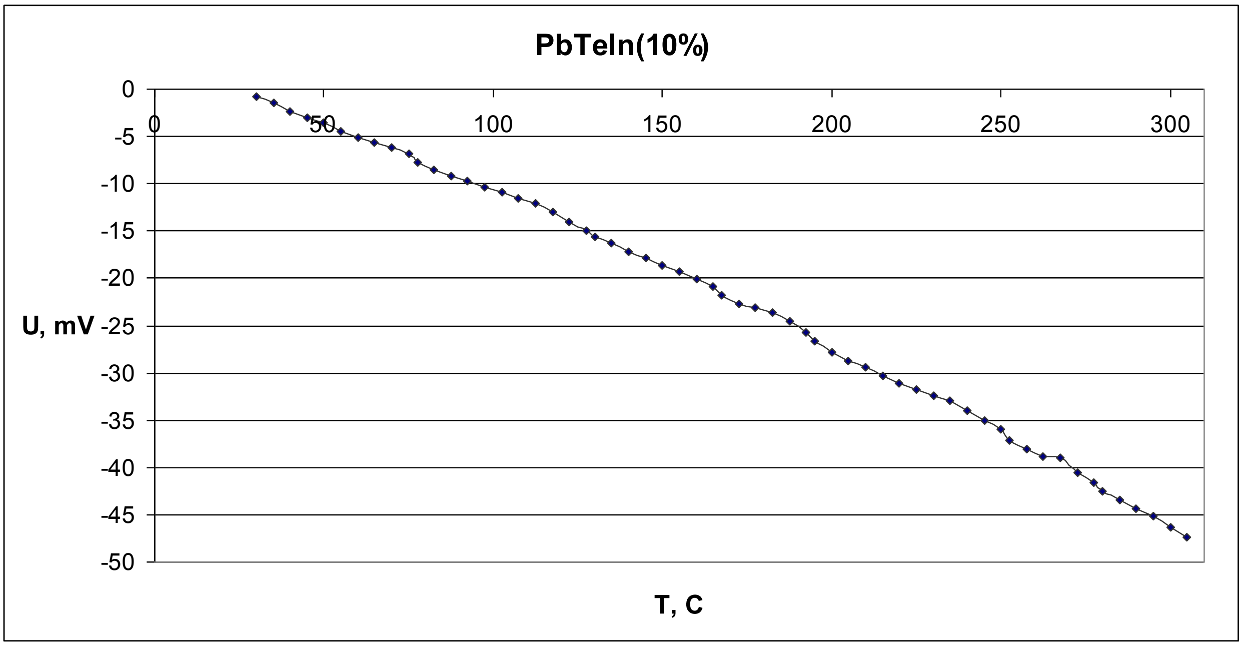


Рис. 4 Графік залежності термо-ЕРС телуриду плюмбому від температури. Коефіцієнт термо-ЕРС дорівнює 167.

Метою роботи є систематизувати і узагальнити відомості про кінетичні явища, встановити закономірності впливу умов вирощування і зовнішніх факторів (температура, радіаційне опромінення, легування і таке інше) на термоелектричні характеристики кристалів і плівок телуриду свинцю та ряду їх аналогів.

Список використаних джерел:

1. Белоконь С.А., Верещагин Л.Н., Иванчик И.И., Рябова Л.И., Хохлов Д.Р. Характер изменения свойств PbTe<Ga> при изменении степени легирования. //ФТП, –1992, – Т.26, –№ 2, –с.264-269.
2. Абрамян Ю.А., Папазян К.З., Стафеев В.И. О влиянии индия на энергетический спектр $Pb_{1-x}Sn_xTe$. //ФТП, –1992, – Т.26, –№ 2, –с.257-263.
3. Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф., Порецкая Л.В., Скуднова Е.И, Шелимова Л.Е. Полупроводниковые соединения, их получение и свойства. -М.: Наука, 1967. -219с.
4. Bloem J., Kroger F.A., Vink H.L //Report Conf. on Defects in Crystal. Solids (Bristol, 1954). London. Phys. Soc. -1955. -P. 273.
5. Brebrick R. F. Progress in Solid State Chemistry. H. Reiss (Ed.).N.-Y.: Pergamon Press.-1966. -V3, -217 p.

Synthesis and research of coefficient of termo-ERS compound of PbTe. Research of influencing of admixtures on the type of conductivity and coefficient of termo-ERS.

Key words: *thermo-electric materials, termo-ERS, telluride of lead.*

УДК 517.9

Деберчук О.А., магістрантка фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Конет І.М.,** доктор фізико-математичних наук,

професор кафедри диференціальних рівнянь та прикладної математики

ЕЛІПТИЧНА КРАЙОВА ЗАДАЧА В ОДНОРІДНОМУ КЛИНОВИДНОМУ ЦИЛІНДРИЧНО-КРУГОВОМУ ПРОСТОРІ

Методом інтегральних перетворень побудовано точний аналітичний розв'язок еліптичної крайової задачі в однорідному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

Ключові слова: *рівняння Пуассона, інтегральне перетворення, фундаментальна функція, функція Гріна.*

Постановка задачі. Розглянемо задачу побудови обмеженого в області

$$\Omega = \{(r,\varphi,z) : r \in (0;+\infty); \varphi \in (0;\varphi_0), \varphi_0 < 2\pi; z \in (-\infty;+\infty)\}$$

розв'язку рівняння Пуассона [1]

$$\left[a_r^2\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\right) + \frac{a_\varphi^2}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + a_z^2\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]u - \chi^2 u = -f(r,\varphi,z) \qquad (1)$$

з крайовими умовами $$u\big|_{|z|=\infty} = 0; \frac{\partial u}{\partial z}\bigg|_{|z|=\infty} = 0; \qquad (2)$$

$$u\big|_{r=0} = 0; \frac{\partial u}{\partial r}\bigg|_{r=+\infty} = 0, \qquad (3)$$

та одними з крайових умов на гранях клина

$$u\big|_{\varphi=0} = g_1(r,z);\ u\big|_{\varphi=\varphi_0} = \omega_1(r,z), \qquad (4)$$

$$u\big|_{\varphi=0} = g_2(r,z);\ \frac{\partial u}{\partial \varphi}\bigg|_{\varphi=\varphi_0} = -\omega_2(r,z), \qquad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \varphi}\bigg|_{\varphi=0} = g_3(r,z);\ u\big|_{\varphi=\varphi_0} = \omega_3(r,z), \qquad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \varphi}\bigg|_{\varphi=0} = g_4(r,z);\ \frac{\partial u}{\partial \varphi}\bigg|_{\varphi=\varphi_0} = -\omega_4(r,z), \qquad (7)$$

де a_r, a_φ, a_z - деякі невід'ємні сталі; χ - деяка додатна стала; $f(r,\varphi,z)$, $g_j(r,z)$, $\omega_j(r,z)$, $(j=\overline{1,4})$ - задані обмежені функції, $u(r,\varphi,z)$ - шукана функція.

Основна частина. Припустимо, що розв'язки задач (1)-(3), (4); (1)-(3), (5); (1)-(3), (6); (1)-(3), (7) існують і задані й шукана функції задовольняють умови застосовності залучених нижче інтегральних перетворень [2, 3].

Безпосередньо перевіряється, що власні числа $\beta_{m,ik}$ і відповідні їм власні функції $U_{m,ik}$ задач Штурма –Ліувілля

$$\frac{d^2U}{d\varphi^2}+\beta^2 U=0\,,$$

$$U\big|_{\varphi=0}=U\big|_{\varphi=\varphi_0}=0\,(\beta_{m,11};U_{m,11})\,,$$

$$U\big|_{\varphi=0}=\frac{dU}{d\varphi}\bigg|_{\varphi=\varphi_0}=0\,(\beta_{m,12};U_{m,12})\,,$$

$$\frac{dU}{d\varphi}\bigg|_{\varphi=0}=U\big|_{\varphi=\varphi_0}=0\,(\beta_{m,21};U_{m,21})\,,$$

$$\frac{dU}{d\varphi}\bigg|_{\varphi=0}=\frac{dU}{d\varphi}\bigg|_{\varphi=\varphi_0}=0\,(\beta_{m,22};U_{m,22})$$

мають вигляд:

$$\beta_{m,11}=\frac{\pi m}{\varphi_0}\,,\ U_{m,11}(\varphi)=\sin\frac{\pi m\varphi}{\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,12}=\frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}\,,\ U_{m,12}(\varphi)=\sin\frac{\pi(2m+1)\varphi}{2\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,21}=\beta_{m,12}\,,\ U_{m,21}(\varphi)=\cos\frac{\pi(2m+1)\varphi}{2\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,22}=\beta_{m,11}\,,\ U_{m,22}(\varphi)=\cos\frac{\pi m\varphi}{\varphi_0}\,.$$

Згідно з [2] визначимо скінченні інтегральні перетворення Фур’є щодо змінної φ:

$$F_{m,ik}[f(\varphi)]=\int_0^{\varphi_0} f(\varphi)U_{m,ik}(\varphi)d\varphi\equiv f_{m,ik}\,, \tag{8}$$

$$F^{-1}_{m,ik}[f_{m,ik}]=\frac{2}{\varphi_0}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon^{ik}_{m} f_{m,ik}U_{m,ik}(\varphi)\equiv f(\varphi)\,, \tag{9}$$

$$F_{m,ik}\left[\frac{d^2f}{d\varphi^2}\right]=-\beta^2_{m,ik} f_{m,ik}+\Phi_{m,ik}(f)\,;\ i,k=1,2\,, \tag{10}$$

де $\varepsilon^{ik}_0=0$, $\varepsilon^{ik}_m=1$ при $ik=11,12,21$; $m=1,2,3,\ldots$; $\varepsilon^{22}_0=\frac{1}{2}$; $\varepsilon^{22}_m=1$ при $m=1,2,3,\ldots$,

$$\Phi_{m,11}(f)=\frac{\pi m}{\varphi_0}\left[f(0)+(-1)^{m+1}f(\varphi_0)\right],$$

$$\Phi_{m,12}(f)=\frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}f(0)+(-1)^m\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0},$$

$$\Phi_{m,21}(f)=-\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=0}+(-1)^m\frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}f(\varphi_0),$$

$$\Phi_{m,22}(f)=-\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=0}+(-1)^m\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0}.$$

Інтегральний оператор $F_{m,ik}$ за правилом (8) внаслідок тотожності (10) крайовим задачам (1)-(3), (4); (1)-(3), (5); (1)-(3), (6); (1)-(3), (7) ставить у відповідність задачу побудови обмеженого в області $\Omega'=\{(r,z):r\in(0;+\infty);z\in(-\infty;+\infty)\}$ розв'язку B - еліптичного рівняння

$$a_r^2B_{\nu_{m,ik},0}\left[u_{m,ik}\right]+a_z^2\frac{\partial^2u_{m,ik}}{\partial z^2}-\chi^2u_{m,ik}=-\mathrm{F}_{m,ik}(r,z) \tag{11}$$

з крайовими умовами

$$u_{m,ik}\big|_{|z|=\infty}=0;\ \left.\frac{\partial u_{m,ik}}{\partial z}\right|_{|z|=\infty}=0; \tag{12}$$

$$u_{m,ik}\big|_{r=0}=0;\ \left.\frac{\partial u_{m,ik}}{\partial r}\right|_{r=+\infty}=0, \tag{13}$$

де $\nu_{m,ik}=a_r^{-1}a_\varphi\beta_{m,ik}$; $B_{\nu_{m,ik},0}=\frac{d^2}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{d}{dr}-\frac{\nu_{m,ik}^2}{r^2}$ - диференціальний оператор Бесселя [4],

$$\mathrm{F}_{m,ik}(r,z)=f_{m,ik}(r,z)+a_\varphi^2r^{-2}\Phi_{m,ik}(r,z).$$

До задачі (11)-(13) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є на декартовій осі щодо змінної z [3]:

$$F\left[g(z)\right]=\int_{-\infty}^{+\infty}g(z)e^{-i\sigma z}dz\equiv\tilde g(\sigma),\ i=\sqrt{-1}, \tag{14}$$

$$F^{-1}\left[\tilde g(\sigma)\right]=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\tilde g(\sigma)e^{i\sigma z}d\sigma\equiv g(z), \tag{15}$$

$$F\left[\frac{d^2g}{dz^2}\right]=-\sigma^2F\left[g(z)\right]\equiv-\sigma^2\tilde g(\sigma). \tag{16}$$

Інтегральний оператор F за правилом (14) внаслідок тотожності (16) крайовій задачі (11)-(13) ставить у відповідність задачу про структуру обмеженого на полярній осі $r>0$ розв'язку неоднорідного рівняння Бесселя [4]

$$a_r^2 B_{\nu_{m,ik},0}[\tilde{u}_{m,ik}] - (a_z^2\sigma^2 + \chi^2)\tilde{u}_{m,ik} = -\tilde{\mathrm{F}}_{m,ik}(r,\sigma) \tag{17}$$

з крайовими умовами

$$\tilde{u}_{m,ik}\Big|_{r=0} = 0\,, \quad \frac{d\tilde{u}_{m,ik}}{dr}\Bigg|_{r=+\infty} = 0\,. \tag{18}$$

До задачі (17),(18) застосуємо інтегральне перетворення Фур’є – Бесселя щодо змінної r [3]:

$$H_\nu\left[g(r)\right] = \int_0^{+\infty} g(r) I_\nu(\lambda r) r dr \equiv \tilde{g}(\lambda)\,, \tag{19}$$

$$H_\nu^{-1}\left[\tilde{g}(\lambda)\right] = \int_0^{+\infty} \tilde{g}(\lambda) I_\nu(\lambda r)\lambda d\lambda \equiv g(r)\,, \tag{20}$$

$$H_\nu\left[\frac{d^2 g}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dg}{dr} - \frac{\nu^2}{r^2} g\right] = -\lambda^2 H_\nu\left[g(r)\right] \equiv -\lambda^2 \tilde{g}(\lambda)\,, \tag{21}$$

де $I_\nu(x)$ - циліндрична функція дійсного аргументу 1-го роду ν -го порядку [4].

Інтегральний оператор $H_{\nu_{m,ik}}$ за правилом (19) внаслідок тотожності (21) крайовій задачі (17), (18) ставить у відповідність алгебраїчне рівняння

$$(a_r^2\lambda^2 + a_z^2\sigma^2 + \chi^2)\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(\lambda,\sigma) = \tilde{\tilde{\mathrm{F}}}_{m,ik}(\lambda,\sigma)\,. \tag{22}$$

Із рівняння (22) знаходимо функцію

$$\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(\lambda,\sigma) = \frac{\tilde{\tilde{\mathrm{F}}}_{m,ik}(\lambda,\sigma)}{a_r^2\lambda^2 + a_z^2\sigma^2 + \chi^2}\,. \tag{23}$$

Застосувавши послідовно до функції $\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(\lambda,\sigma)$, визначеної формулою (23), обернені оператори $H_{\nu_{m,ik}}^{-1}$, F^{-1} та $F_{m,ik}^{-1}$ одержуємо функцію

$$u_{ik}(r,\varphi,z) = \int_0^{+\infty}\int_0^{\varphi_0}\int_{-\infty}^{+\infty} E_{ik}(r,\rho,\varphi,\alpha,z-\xi) f(\rho,\alpha,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho + {}+a_\varphi^2 \int_0^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} Q_{ik}(r,\rho,\varphi,z,\xi)\rho^{-1} d\xi d\rho\,;\ i,k = 1,2\,, \tag{24}$$

яка визначає структуру розв’язків розглянутих еліптичних крайових задач в однорідному ортотропному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

У формулі (24) беруть участь фундаментальна функція

$$E_{ik}(r,\rho,\varphi,\alpha,z) = \frac{1}{\varphi_0 a_z}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m^{ik} E_{m,ik}(r,\rho,z) U_{m,ik}(\varphi) U_{m,ik}(\alpha)$$

та функція Гріна

$$Q_{ik}(r,\rho,\varphi,\alpha,z) = \frac{1}{\varphi_0 a_z}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m^{ik} E_{m,ik}(r,\rho,z-\xi)\Phi_{m,ik}(\rho,\xi) U_{m,ik}(\varphi)$$

відповідної еліптичної крайової задачі, де

$$E_{m,ik}(r,\rho,z)=\int\limits_{0}^{+\infty}\exp\left[-a_z^{-1}\sqrt{a_r^2\lambda^2+\chi^2}\,|z|\right]\frac{I_{\nu_{m,ik}}(\lambda r)I_{\nu_{m,ik}}(\lambda\rho)\lambda d\lambda}{\sqrt{a_r^2\lambda^2+\chi^2}}.$$

З використанням властивостей фундаментальної функції $E_{ik}(r,\rho,\varphi,\alpha,z)$ і функції Гріна $Q_{ik}(r,\rho,\varphi,z,\xi)$ безпосередньо перевіряється, що функції $u_{ik}(r,\varphi,z)$, визначені формулою (24), задовольняють рівняння (1) , крайові умови (2) , (3) та одну із крайових умов на гранях клина в сенсі теорії узагальнених функцій [5].

Зазначимо, що: 1) при відповідних обмеженнях на вихідні дані задачі розв'язок (24) буде також класичним розв'язком розглянутих еліптичних крайових задач; 2) при $a_r=a_\varphi=a_z\equiv a>0$ формула (24) визначає розв'язки еліптичних крайових задач в однорідному ізотропному клиновидному циліндрично-круговому просторі; 3) випадок зміни φ в межах від φ_1 до φ_2 зводиться до розглянутого заміною $\varphi'=\varphi-\varphi_1$ $(\varphi_0=\varphi_2-\varphi_1)$.

Висновки. Методом інтегральних перетворень у поєднанні з методом головних розв'язків (фундаментальних функцій і функцій Гріна) одержано інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку крайової задачі для рівняння Пуассона в однорідному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

Список використаних джерел:

1. Гилборг Д. Эллиптические дифференциальные уравнения с частными производными второго порядка / Д. Гилборг, Н Трудингер. - М.: Мир, 1989. – 469 с.
2. Трантер К. Дж. Интегральные преобразования в математической физике / К. Дж. Трантер. - М.: Гостехтеориздат, 1956. – 204 с.
3. Снеддон И. Преобразования Фурье / И. Снеддон. - М.: ИЛ, 1955. - 668 с.
4. Грей Э. Функции Бесселя и их приложения в физике и технике / Э. Грей, Г.Б. Метьюз. - М.: ИЛ, 1949. -386 с.
5. Гельфанд И. М. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. – М. : Физматгиз, 1958. - 247 с.

The method of integral transformation construct exact analytical solution of an elliptic boundary value problem in a uniform circular cylindrical-wedge space.

Key words: *Poisson equation, integral transform, the fundamental function, Green's function.*

УДК 539.2:621.315.548.0:612.029.62

Іванов В.В., магістрант фізики фізико-математичного факультету
Науковий керівник – **Криськов Ц.А.,** кандидат фізико-математичних наук, доцент

СИНТЕЗ ХАЛЬКОГЕНІДНИХ СПОЛУК ДЛЯ ОПТОЕЛЕКТРОНІКИ

Синтез та дослідження коефіцієнта термо-ЕРС сполуки PbS. Досліджено спектру пропускання плівок PbS.

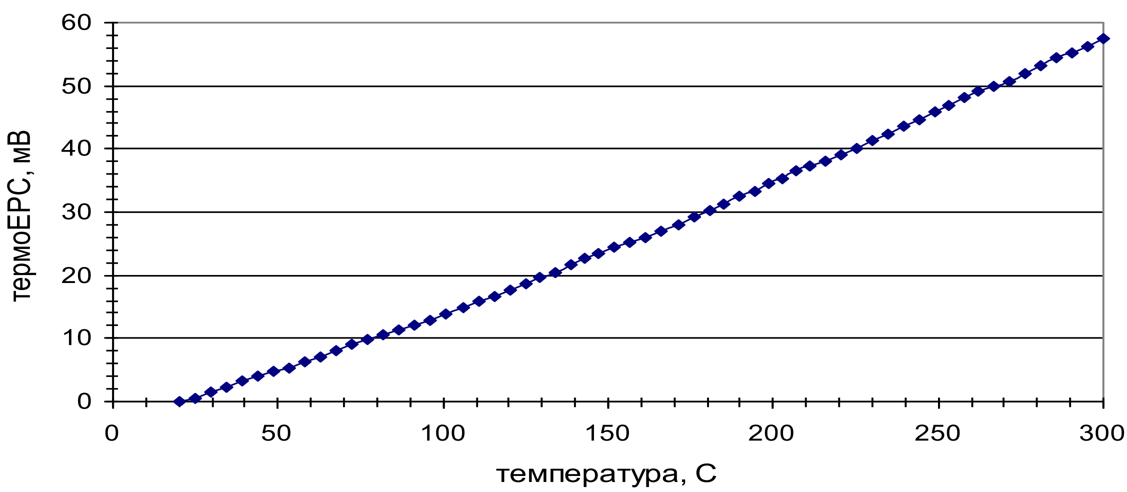
***Ключові слова**: інтенсивність, термо-ЕРС, сульфід свинцю.*

На сьогоднішній день халькогеніди свинцю досить широко використовуються. Їх застосовують в керамічній промисловості; використовують для отримання, напівпровідникових сучасних наноматеріалів. Халькогеніди свинцю - хороші матеріали напівпровідникової техніки, фотоприймачів і детекторів ІЧ-Діапазону.

Є перспективи для використання халькогенідів свинцю для передачі даних усередині мікрочіпів для прискорення передачі інформації, створенні пристроїв терагерцового діапазону частот. Це можливо за рахунок того що маленькі частинки (порядка нанометри) після електричного збудження здатні випромінювати світлову енергію у вигляді лазерного випромінювання, що сприяє швидкій передачі даних. Це дослідження дає можливість кардинально підвищити тактову частоту комп'ютерних мікропроцесорів. Таким чином, ці дослідження є актуальними.

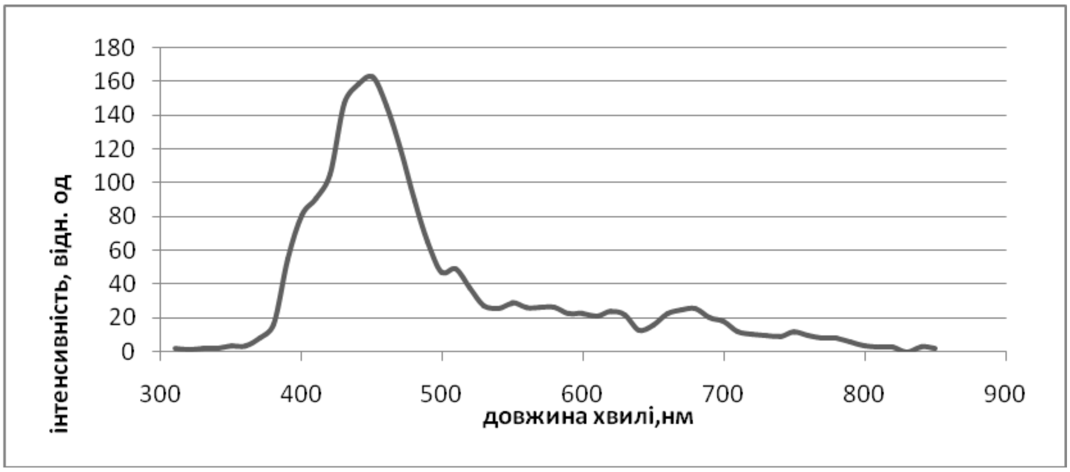
Завданням магістерської роботи є узагальнення наукової періодичної літератури з питань технології сполук A^4B^6; удосконалення технологічних процесів отримання термо- та оптоелектричних матеріалів з стійким типом провідності та вивчення поведінки легуючих домішок; синтезування зразкових сполук та підготовка їх до проведення досліджень; вироблення навичок підготовки та проведення технологічних експериментів синтезу

Рис. 2. Температурна зміна термоЕРС PbS



сполук; відпрацювати методи створення електричних контактів та перевірка їх омічності; виконати дослідження електричних та оптичних параметрів зразків, опрацювати і оформити результаати вимірювань, розробити варіант навчальної лабораторної роботи з фізики твердого тіла.

При дослідженнях матеріалу PbS були отримані наступні дані.



Графік спектру пропускання плівок PbS

З графіка можна зробити висновок що температурна зміна величини термо-ЕРС близька до лінійної, що може бути одним з критеріїв однорідності зразків. Незначні відхилення графіків від лінійності обумовлені складністю повної теплоізоляції зразків.

Як показало вимірювання при різних довжинах хвиль відповідно змінюються спектри пропускання світла, тобто інтенсивність є нерівномірна.

Список використаних джерел:

1. Сабо Е.П. Технология халькогенидных термоэлементов. Физические основы. // Термоэлектричество, 2000, –№ 3, –с. 30-46.

2. Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф., Порецкая Л.В., Скуднова Е.И, Шелимова Л.Е. Полупроводниковые соединения, их получение и свойства. -М.: Наука, 1967. -219с.

Synthesis and research of coefficient of termo-ERS compound of PbS. Research the spectrum transmittance of PbS

Key words: *intensity,termo-EMF, telluride and sulfide of lead.*

УДК 517.9

Качмар О.П., магістрантка фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Конет І.М.,** доктор фізико-математичних наук, професор кафедри диференціальних рівнянь та прикладної математики

ПАРАБОЛІЧНА КРАЙОВА ЗАДАЧА В ОДНОРІДНОМУ КЛИНОВИДНОМУ ЦИЛІНДРИЧНО-КРУГОВОМУ ПРОСТОРІ

Методом інтегральних перетворень побудовано точний аналітичний розв'язок крайової задачі для параболічного рівняння 2-го порядку в однорідному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

Ключові слова: *параболічне рівняння, інтегральне перетворення, фундаментальна функція, функція Коші, функція Гріна.*

Постановка задачі. Розглянемо задачу побудови обмеженого в області

$$D=\{(t,r,\varphi,z): t\in(0;+\infty); r\in(0;+\infty); \varphi\in(0;\varphi_0), \varphi_0<2\pi; z\in(-\infty;+\infty)\}$$

розв'язку рівняння параболічного типу [1]

$$\frac{\partial u}{\partial t}-\left[a_r^2\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\right)+\frac{a_\varphi^2}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}+a_z^2\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]u+\chi^2 u=f(t,r,\varphi,z) \tag{1}$$

з початково-крайовими умовами

$$u(t,r,\varphi,z)\big|_{t=0}=g(r,\varphi,z); \tag{2}$$

$$u\big|_{|z|=\infty}=0; \left.\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{|z|=\infty}=0; \tag{3}$$

$$u\big|_{r=0}=0; \left.\frac{\partial u}{\partial r}\right|_{r=+\infty}=0, \tag{4}$$

та одними з крайових умов на гранях клина

$$u\big|_{\varphi=0}=g_1(t,r,z);\ u\big|_{\varphi=\varphi_0}=\omega_1(t,r,z), \tag{5}$$

$$u\big|_{\varphi=0}=g_2(t,r,z);\ \left.\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0}=-\omega_2(t,r,z), \tag{6}$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right|_{\varphi=0}=g_3(t,r,z);\ u\big|_{\varphi=\varphi_0}=\omega_3(t,r,z), \tag{7}$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right|_{\varphi=0} = g_4(t,r,z)\,;\; \left.\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0} = -\omega_4(t,r,z)\,, \tag{8}$$

де a_r, a_φ, a_z - деякі невід'ємні сталі; χ - деяка додатна стала; $f(t,r,\varphi,z)$, $g(r,\varphi,z)$, $g_j(t,r,z)$, $\omega_j(t,r,z)$, $(j=\overline{1,4})$ - задані обмежені функції, $u(t,r,\varphi,z)$ - шукана функція.

Основна частина. Припустимо, що розв'язки задач (1)-(4), (5); (1)-(4), (6); (1)-(4), (7); (1)-(4), (8) існують і задані й шукані функції задовольняють умови застосовності залучених нижче інтегральних перетворень [2, 3].

Безпосередньо перевіряється, що власні числа $\beta_{m,ik}$ і відповідні їм власні функції $U_{m,ik}$ задач Штурма –Ліувілля

$$\frac{d^2U}{d\varphi^2} + \beta^2 U = 0\,,$$

$$U\big|_{\varphi=0} = U\big|_{\varphi=\varphi_0} = 0\,(\beta_{m,11}; U_{m,11})\,,$$

$$U\big|_{\varphi=0} = \left.\frac{dU}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0} = 0\,(\beta_{m,12}; U_{m,12})\,,$$

$$\left.\frac{dU}{d\varphi}\right|_{\varphi=0} = U\big|_{\varphi=\varphi_0} = 0\,(\beta_{m,21}; U_{m,21})\,,$$

$$\left.\frac{dU}{d\varphi}\right|_{\varphi=0} = \left.\frac{dU}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0} = 0\,(\beta_{m,22}; U_{m,22})$$

мають вигляд:

$$\beta_{m,11} = \frac{\pi m}{\varphi_0}\,,\; U_{m,11}(\varphi) = \sin\frac{\pi m\varphi}{\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,12} = \frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}\,,\; U_{m,12}(\varphi) = \sin\frac{\pi(2m+1)\varphi}{2\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,21} = \beta_{m,12}\,,\; U_{m,21}(\varphi) = \cos\frac{\pi(2m+1)\varphi}{2\varphi_0}\,;$$

$$\beta_{m,22} = \beta_{m,11}\,,\; U_{m,22}(\varphi) = \cos\frac{\pi m\varphi}{\varphi_0}\,.$$

Згідно з [2] визначимо скінченні інтегральні перетворення Фур'є щодо кутової змінної φ:

$$F_{m,ik}[f(\varphi)] = \int_0^{\varphi_0} f(\varphi)U_{m,ik}(\varphi)d\varphi \equiv f_{m,ik}\,, \tag{9}$$

$$F_{m,ik}^{-1}[f_{m,ik}]=\frac{2}{\varphi_0}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m^{ik} f_{m,ik}U_{m,ik}(\varphi)\equiv f(\varphi)\,, \tag{10}$$

$$F_{m,ik}\left[\frac{d^2 f}{d\varphi^2}\right]=-\beta_{m,ik}^2 f_{m,ik}+\Phi_{m,ik}(f)\,;\; i,k=1,2\,, \tag{11}$$

де $\varepsilon_0^{ik}=0$, $\varepsilon_m^{ik}=1$ при $ik=11,12,21$; $m=1,2,3,\ldots$; $\varepsilon_0^{22}=\frac{1}{2}$; $\varepsilon_m^{22}=1$ при $m=1,2,3,\ldots$,

$$\Phi_{m,11}(f)=\frac{\pi m}{\varphi_0}\left[f(0)+(-1)^{m+1}f(\varphi_0)\right],$$

$$\Phi_{m,12}(f)=\frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}f(0)+(-1)^m\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0},$$

$$\Phi_{m,21}(f)=-\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=0}+(-1)^m\frac{\pi(2m+1)}{2\varphi_0}f(\varphi_0)\,,$$

$$\Phi_{m,22}(f)=-\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=0}+(-1)^m\left.\frac{df}{d\varphi}\right|_{\varphi=\varphi_0}$$

Інтегральний оператор $F_{m,ik}$ за правилом (9) внаслідок тотожності (11) початково-крайовим задачам (1)-(4), (5); (1)-(4), (6); (1)-(4), (7); (1)-(4), (8) ставить у відповідність задачу побудови обмеженого в області $D'=\{(t,r,z):t\in(0;+\infty);\,r\in(0;+\infty);\,z\in(-\infty;+\infty)\}$ розв'язку B - параболічного рівняння

$$\frac{\partial u_{m,ik}}{\partial t}-\left[a_r^2 B_{\nu_{m,ik},0}\left[u_{m,ik}\right]+a_z^2\frac{\partial^2 u_{m,ik}}{\partial z^2}\right]-\chi^2 u_{m,ik}=-\mathrm{F}_{m,ik}(r,z) \tag{12}$$

з початково-крайовими умовами

$$u_{m,ik}(t,r,z)\big|_{t=0}=g_{m,ik}(r,z)\,; \tag{13}$$

$$u_{m,ik}\big|_{|z|=\infty}=0\,;\;\left.\frac{\partial u_{m,ik}}{\partial z}\right|_{|z|=\infty}=0\,; \tag{14}$$

$$u_{m,ik}\big|_{r=0}=0\,;\;\left.\frac{\partial u_{m,ik}}{\partial r}\right|_{r=+\infty}=0\,, \tag{15}$$

де $\nu_{m,ik}=a_r^{-1}a_\varphi\beta_{m,ik}$; $B_{\nu_{m,ik},0}=\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}-\frac{\nu_{m,ik}^2}{r^2}$ - диференціальний оператор Бесселя [4],

$$\mathrm{F}_{m,ik}(t,r,z)=f_{m,ik}(t,r,z)+a_\varphi^2 r^{-2}\Phi_{m,ik}(t,r,z)\,.$$

До задачі (12)-(15) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є на декартовій осі щодо змінної z [3]:

$$F\left[g(z)\right]=\int\limits_{-\infty}^{+\infty} g(z)e^{-i\sigma z}dz\equiv\tilde{g}(\sigma),\ i=\sqrt{-1}, \qquad (16)$$

$$F^{-1}\left[\tilde{g}(\sigma)\right]=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\tilde{g}(\sigma)e^{i\sigma z}d\sigma\equiv g(z), \qquad (17)$$

$$F\left[\frac{d^2g}{dz^2}\right]=-\sigma^2F\left[g(z)\right]\equiv-\sigma^2\tilde{g}(\sigma). \qquad (18)$$

Інтегральний оператор F за правилом (16) внаслідок тотожності (18) початково-крайовій задачі (12)-(15) ставить у відповідність задачу побудови обмеженого в області $D''=\{(t,r):t\in(0;+\infty);r\in(0;+\infty)\}$ розв’язку рівняння

$$\frac{\partial\tilde{u}_{m,ik}}{\partial t}-a_r^2B_{\nu_{m,ik},0}[\tilde{u}_{m,ik}]+(a_z^2\sigma^2+\chi^2)\tilde{u}_{m,ik}=\tilde{\mathrm{F}}_{m,ik}(t,r,\sigma) \qquad (19)$$

з початково-крайовими умовами

$$\tilde{u}_{m,ik}(t,r,\sigma)\big|_{t=0}=\tilde{g}_{m,ik}(r,\sigma),. \qquad (20)$$

$$\tilde{u}_{m,ik}\big|_{r=0}=0,\ \frac{\partial\tilde{u}_{m,ik}}{\partial r}\bigg|_{r=+\infty}=0. \qquad (21)$$

До задачі (19)-(21) застосуємо інтегральне перетворення Фур’є – Бесселя щодо змінної r [3]:

$$H_\nu\left[g(r)\right]=\int\limits_0^{+\infty}g(r)I_\nu(\lambda r)rdr\equiv\tilde{g}(\lambda), \qquad (22)$$

$$H_\nu^{-1}\left[\tilde{g}(\lambda)\right]=\int\limits_0^{+\infty}\tilde{g}(\lambda)I_\nu(\lambda r)\lambda d\lambda\equiv g(r), \qquad (23)$$

$$H_\nu\left[\frac{d^2g}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dg}{dr}-\frac{\nu^2}{r^2}g\right]=-\lambda^2H_\nu\left[g(r)\right]\equiv-\lambda^2\tilde{g}(\lambda), \qquad (24)$$

де $I_\nu(x)$ - циліндрична функція дійсного аргументу 1-го роду ν-го порядку [4].

Інтегральний оператор $H_{\nu_{m,ik}}$ за правилом (22) внаслідок тотожності (24) початково-крайовій задачі (19)-(21) ставить у відповідність задачу Коші

$$\frac{d\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}}{dt}+(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}=\tilde{\tilde{\mathrm{F}}}_{m,ik}(t,\lambda,\sigma), \qquad (25)$$

$$\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(t,\lambda,\sigma)\big|_{t=o}=\tilde{\tilde{g}}_{m,ik}(\lambda,\sigma). \qquad (26)$$

Безпосередньо перевіряється, що розв'язком задачі (25), (26) є функція

$$\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(t,\lambda,\sigma)=\exp\left[-(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)t\right]\tilde{\tilde{g}}_{m,ik}(\lambda,\sigma)+ \tag{27}$$

$$+\int_0^t \exp\left[-(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)(t-\tau)\right]\tilde{\tilde{F}}_{m,ik}(\tau,\lambda,\sigma)d\tau .$$

Застосувавши послідовно до функції $\tilde{\tilde{u}}_{m,ik}(t,\lambda,\sigma)$, визначеної формулою (27), обернені оператори $H^{-1}_{\nu_{m,ik}}$, F^{-1} та $F^{-1}_{m,ik}$ одержуємо функцію

$$u_{ik}(t,r,\varphi,z)=\int_0^t\int_0^{+\infty}\int_0^{\varphi_0}\int_{-\infty}^{+\infty}E_{ik}(t-\tau,r,\rho,\varphi,\alpha,z-\xi)f(\tau,\rho,\alpha,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho d\tau+$$

$$+\int_0^{+\infty}\int_0^{\varphi_0}\int_{-\infty}^{+\infty}K_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\lambda,z-\xi)g(\rho,\lambda,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho+ \tag{28}$$

$$+a_\varphi^2\int_0^t\int_0^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}Q_{ik}(t,\tau,r,\rho,\varphi,z,\xi)\rho^{-1}d\xi d\rho d\tau;\ i,k=1,2 ,$$

яка визначає структуру розв'язків розглянутих параболічних крайових задач в однорідному ортотропному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

У формулі (28) беруть участь фундаментальна функція

$$E_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\alpha,z)=K_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\alpha,z)S_+(t),$$

функція Коші

$$K_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\alpha,z)=\frac{2\exp\left[-\chi^2 t\right]}{\pi\varphi_0}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m^{ik}K_{m,ik}(t,r,\rho,z)U_{m,ik}(\varphi)U_{m,ik}(\alpha)$$

та функція Гріна

$$Q_{ik}(r,\tau,r,\rho,\varphi,z,\xi)=\frac{2\exp\left[-\chi^2(t-\tau)\right]}{\pi\varphi_0}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m^{ik}K_{m,ik}(t-\tau,r,\rho,z-\xi)\Phi_{m,ik}(\tau,\rho,\xi)U_{m,ik}(\varphi),$$

відповідної параболічної крайової задачі, де

$$K_{m,ik}(t,r,\rho,z)=G(t,z)\left(2a_r^2t\right)^{-1}\exp\left(-\frac{r^2+\rho^2}{4a_r^2t}\right)\mathrm{I}_{\nu_{m,ik}}\left(\frac{r\rho}{2a_r^2t}\right),\ G(t,z)=\frac{\sqrt{\pi}}{2a_z\sqrt{t}}\exp(-\frac{z^2}{4a_z^2t}),$$

$\mathrm{I}_\nu(x)$ - модифікована циліндрична функція 1-го роду ν-го порядку [4], $S_+(t)$ - асиметрична одинична функція Гевісайда [5].

З використанням властивостей фундаментальної функції $E_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\alpha,z)$, функції Коші $K_{ik}(t,r,\rho,\varphi,\alpha,z)$ і функції Гріна $Q_{ik}(t,\tau,r,\rho,\varphi,z,\xi)$ безпосередньо перевіряється, що функції $u_{ik}(t,r,\varphi,z)$ задовольняють рівняння (1), початкові умови (2), крайові умови (3) , (4) та одну із крайових умов (5)-(8) в сенсі теорії узагальнених функцій [6].

Зазначимо, що: 1) при відповідних обмеженнях на вихідні дані задачі розв'язок (28) буде також класичним розв'язком розглянутих параболічних крайових задач; 2) при $a_r = a_\varphi = a_z \equiv a > 0$ формула (28) визначає розв'язки параболічних крайових задач в однорідному ізотропному клиновидному циліндрично-круговому просторі; 3) випадок зміни φ в межах від φ_1 до φ_2 зводиться до розглянутого заміною $\varphi' = \varphi - \varphi_1$ $(\varphi_0 = \varphi_2 - \varphi_1)$.

Висновки. Методом інтегральних перетворень у поєднанні з методом головних розв'язків (фундаментальних функцій, функції Коші і функцій Гріна) одержано інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку крайової задачі для параболічного диференціального рівняння 2-го порядку в однорідному ортотропному клиновидному циліндрично-круговому просторі.

Список використаних джерел:

1. Фридман А. Уравнения с частными производными параболического типа / А. Фридман. - М.: Мир, 1968. – 428 с.
2. Трантер К. Дж. Интегральные преобразования в математической физике / К. Дж. Трантер. - М.: Гостехтеориздат, 1956. – 204 с.
3. Снеддон И. Преобразования Фурье / И. Снеддон. - М.: ИЛ, 1955. - 668 с.
4. Грей Э. Функции Бесселя и их приложения в физике и технике / Э. Грей, Г.Б. Метьюз. - М.: ИЛ, 1949. -386 с.
5. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т.Корн. - М.: Наука, 1971. – 720 с.
6. Гельфанд И. М. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. – М. : Физматгиз, 1958. - 247 с.

The method of integral transformation construct exact analytical solution of a boundary value problem for parabolic equation 2-order wedge in a homogeneous cylindrical-circular space.

Key words: *parabolic equation, integral transform, the fundamental function, the Cauchy function, Green's function.*

УДК 546.682:546.221

Люба Т.С., студентка 5 курсу фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Криськов Ц.А.,** кандидат фізико-математичних наук, доцент

ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ КРИСТАЛІВ ХАЛЬКОГЕНІДІВ ІНДІЮ

У статті розглянуто основні аспекти технології синтезу та вирощування кристалів методом Бріджмена-Стокбаргера із напівпровідникових сполук халькогенідів індію.

Ключові слова: *халькогеніди індію, метод Бріджмена-Стокбаргера, синтез, вирощування кристалів.*

Одним із методів вирощування кристалів є метод Бріджмена-Стокбаргера, у якому розплав і ростучий кристал знаходяться в тиглі. Тигель виготовлений з кварцового скла марки С5-1 заповнюється полікристалічним матеріалом, розміщується в печі, температурний профіль якої показаний на рис. 1 і нагрівається до температури, вищої точки плавлення. Потім тигель з розплавом охолоджують так, щоб кристалізація починалась з загостреного кінця. Оскільки об’єм розплаву, що знаходиться в конусоподібній частині тигля, невеликий, то ймовірність утворення одного центру кристалізації збільшується. Подальше охолодження проводять так, щоб ізотермічна поверхня, близька до точки плавлення речовини, переміщувалась від кінця тигля вверх через увесь розплав. При цьому відбувається ріст зародка або зародків, що виникли в загостреному кінці тигля; в результаті отримується злиток, що повторює форму і розміри тигля. Злиток буде монокристалічним, якщо в загостреній частині тигля спонтанно утворився єдиний зародок. Частіше виникає кілька зародків, але при їх подальшому рості деякі з них поступово виклинюються, і в напрямку температурного градієнта, співпадаючого з віссю тигля, ростуть одне або декілька крупних монокристалічних зерен. Процеси зародження і росту залежать від природи і якості виготовлення тигля, форми фронту кристалізації і можливих змін умов росту. Одним з недоліків цього методу є те, що ростучий кристал знаходиться в контакті зі стінками тигля.

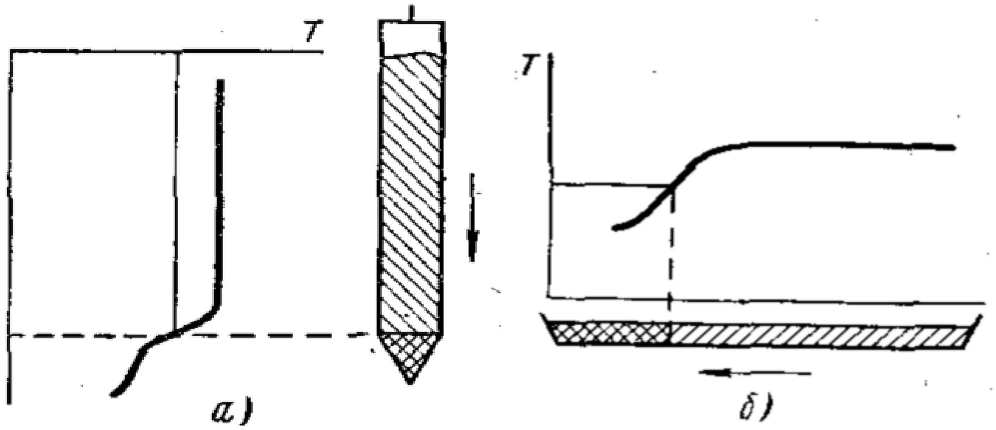


Рис 1. Тигельні методи вирощування кристалів: а) вертикальний метод Бріджмена; б) горизонтальний метод Бріджмена.

Численні дослідження показали, що для отримання задовільних результатів, тобто отримання крупних монокристалів, бажано, щоб фронт кристалізації на протязі всього процесу був випуклим.

На рис. 1а зображено схему вертикального метода Бріджмена-Стокбаргера, проте в даному випадку відбувається так зване вирощування кристалів «з калюжі», що є неперспективним, оскільки внаслідок значної кількості речовини, яка нагрівається відбувається спонтанне утворення досить великої кількості зародків, що ускладнює процес отримання монокристалу. Тому у ході своєї роботи ми здійснювали вирощування кристалу «із краплі». Схема пристрою показана на рис. 2. У цьому випадку відбувається нагрівання лише частинки речовини, де і відбувається утворення зародка кристалу. Ймовірність отримання монокристалу в даному випадку набагато вища [1,2].

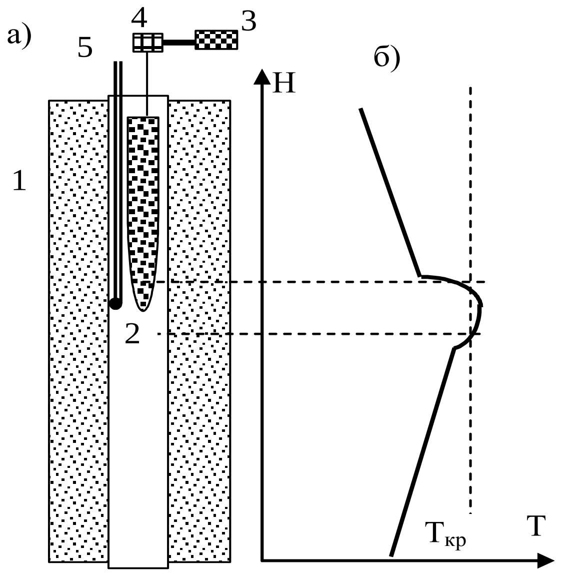


Рис. 2. Будова (а) і температурний профіль електропечі (б): 1-електропіч, 2-кристалізаційний контейнер, 3-електродвигун, 4-редуктор, 5-термопара.

Для вирощування кристалу методом Бріджмена-Стокбаргера використовувались заздалегідь синтезовані речовини. Зокрема, було здійснено синтез сполук у замкнених системах (кварцових ампулах) методом прямого сплавлення. Для синтезу використовувались індій, селен та сірка чистотою В4. Зважування речовин проводили на аналітичних терезах ВЛР-200г другого класу точності.

Температурні умови синтезу оцінені обчисленням значень константи хімічної рівноваги методами хімічної термодинаміки та уточнені з урахуванням розмірів та геометрії кварцових ампул.

Підготовлені ампули вакуумували до залишкового тиску 10^{-4} Па за допомогою вакуумного пристрою ПТИ-10, вхідний блок якого дає можливість одночасно вакуумувати 6 ампул з вимірюванням залишкового тиску безпосередньо всередині ампул. У процесі вакуумування були додатково очищені внутрішні стінки ампул їх прогріванням при форвакуумному відкачуванні.

Герметизовані ампули розміщували у двозонних електропечах опору, в яких і здійснювався безпосередній процес синтезу сполук селеніду та сульфіду індію. Живлення електропечей, а також стабілізація температури в них здійснювались з використанням високоточних регуляторів температури ВРТ-3. Температуру контролювали термопарами „хромель-алюмель”. Оскільки їх сигнал перевищує допустимі значення системи ВРТ-3 (вона розрахована на роботу з термопарами ПП 30/6), то цей сигнал зменшувався за допомогою подільника, виготовленого із змінних резисторів. Відповідність сигналу перевірена в усьому робочому температур. Сигнал термопар вимірювали мілівольтметром В7-16А. Схема технологічного пристрою зображена на рис. 3.

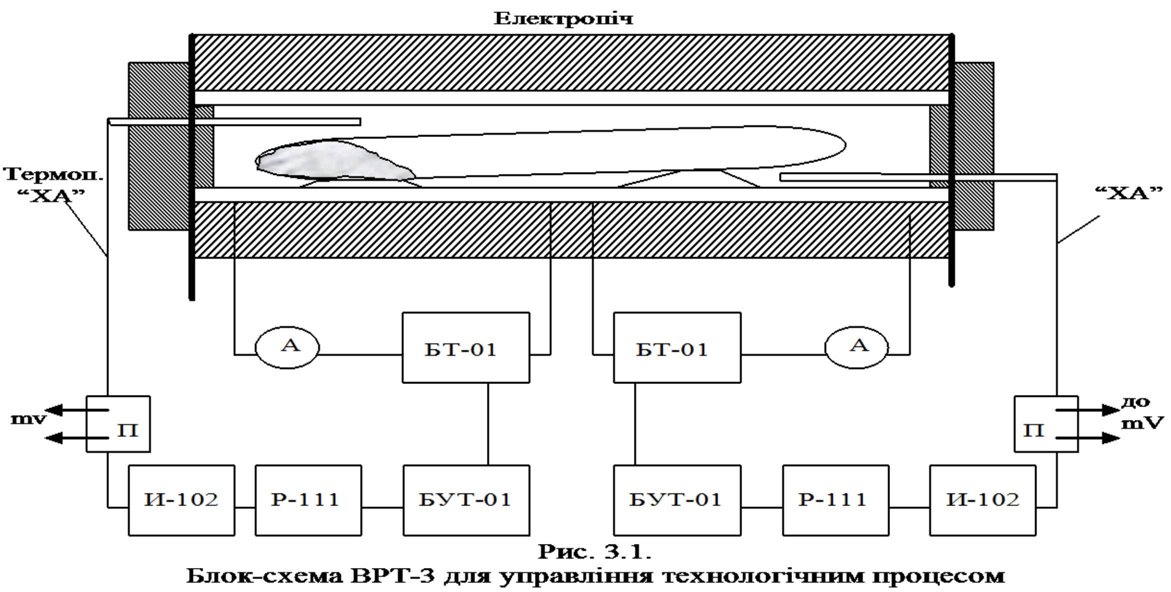


Рис. 3. Технологічний пристрій

При синтезі методом прямого сплавлення електропіч здійснювала не менше 50 коливань відносно горизонтального положення для кращого перемішування компонентів сполуки. У результаті процесу синтезу були отримані злитки, один з яких показано на рис. 4.

Рис. 4. Зразок синтезованого InS

По завершенні процесу синтезу в одній із ампул було помічено утворення мікрокристалу, причина виникнення цього явища поки що не з’ясована. Утворений мікрокристал має чіткі ступені росту, що ілюструють рис. 5 і 6.

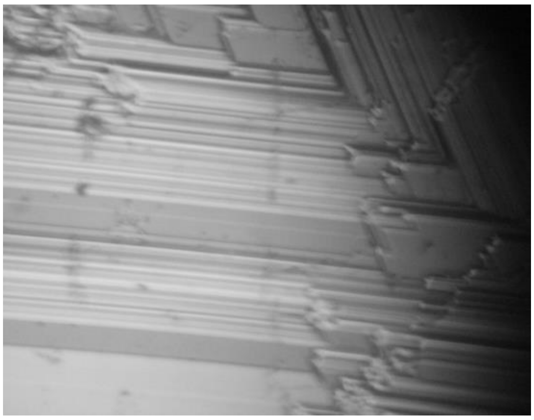


Рис. 5

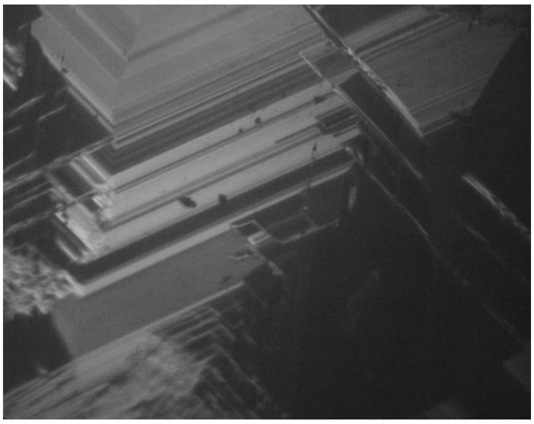


Рис. 6

В результаті були отримані синтезовані злитки халькогенідів індію, які в подальшому використовувались для вирощування кристалів методом Бріджмена-Стокбаргера, технологія якого описана вище. Для цього синтезовані сполуки зважувались, подрібнювались та завантажувались в ампулу. На рис. 7 зображено кристал, вирощений описаним методом.

Таким чином, відпрацьовані технологічні умови синтезу сполук, проте отримання монокристалів методом Бріджмена вимагає додаткових

Рис. 7. Кристал, вирощений методом Бріджмена-Стокбаргера

експериментальних досліджень, оскільки якість зразків задовольняє вимоги для вивчення їх електричних властивостей. Для дослідження оптичних параметрів структурну досконалість варто покращити. Така ситуація характерна майже для всіх халькогенідів групи A^3B^6, які мають шарувату структуру [3-5].

Список використаних джерел:

1. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов
2. Д.У. Джонс. Методы выращивания кристаллов тугоплавких металлов //Из кн.: Рост кристаллов. Т.1.-М:Мир, - 1977
3. Соболев В.В., Соболев В.Вал. Оптические свойства дефектного селенида индия// ФТП, - 2003, - Т. 37, - вып. 7, - с. 784-789.
4. Кидяров Б.И. Фазовые переходы по АИЗУ при нано-генезисе кристаллов.// II Всероссийская конференция «НАНО-2007», г. Новосибирск, 13-16 марта 2007 г., - с. 165.
5. Завражнов А.Ю., Сидей В.И., Турчен Д.Н., Чукичев М.В. Управление составом моноселенида галлия в пределах области гомогенности и диагностика нестехиометрии GaSe// Конденсированные среды и межфазные границы, - 2007, - Т. 9, - № 4, - с. 322-335

The basic aspects of technology of synthesis and growing of crystals are considered of the article by the method of Bridzhmen-Stokbarger from semiconductor connections of halcogenides of indium.

Key words: *halcogenides indium, method of Bridzhmen-Stokbarger, synthesis, growing of crystals.*

УДК 517.9

Нікітіна Л.А., магістрантка фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Конет І.М.**, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри диференціальних рівнянь та прикладної математики

ЕЛІПТИЧНА КРАЙОВА ЗАДАЧА В ОДНОРІДНОМУ ЦИЛІНДРИЧНО-КРУГОВОМУ ПРОСТОРІ

Методом інтегральних перетворень побудовано точний аналітичний розв'язок крайової задачі для рівняння Пуассона в однорідному циліндрично-круговому просторі.

Ключові слова: *рівняння Пуассона, інтегральне перетворення, фундаментальна функція.*

Вступ. Теорія еліптичних крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними – важливий розділ сучасної теорії диференціальних рівнянь, який в даний час інтенсивно розвивається. Її актуальність обумовлена як значимістю її результатів для розвитку багатьох розділів математики, так і численними застосуваннями її досягнень при дослідженні різноманітних математичних моделей різних процесів і явищ фізики, механіки, біології, хімії, медицини, економіки та техніки. Одним з важливих і ефективних методів вивчення крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними є метод інтегральних перетворень, який дає можливість будувати в аналітичному вигляді розв'язки тих чи інших крайових задач через їх інтегральне зображення. У цій статті методом інтегральних перетворень у поєднанні з методом головних розв'язків (фундаментальних функцій) одержано теорему про інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку крайової задачі для тривимірного рівняння Пуассона в однорідному ортотропному циліндрично-круговому просторі.

Основна частина. Розглянемо задачу побудови обмеженого в області

$$\Omega = \{(r,\varphi,z): r \in (0;+\infty); \varphi \in [0;2\pi); z \in (-\infty;+\infty)\}$$

2π - періодичного щодо кутової змінної φ розв'язку рівняння Пуассона [1]

$$\left[a_r^2\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\right)+\frac{a_\varphi^2}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}+a_z^2\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]u-\chi^2 u=-f(r,\varphi,z) \qquad (1)$$

з крайовими умовами

$$u\Big|_{|z|=\infty}=0;\ \frac{\partial u}{\partial z}\Big|_{|z|=\infty}=0; \qquad (2)$$

$$u\Big|_{r=0}=0;\ \frac{\partial u}{\partial r}\Big|_{r=+\infty}=0, \qquad (3)$$

де a_r, a_φ, a_z - деякі невід'ємні сталі; χ - деяка додатна стала; $f(r,\varphi,z)$ - задана обмежена функція, $u(r,\varphi,z)$ - шукана функція.

Припустимо, що розв'язок задачі (1) - (3) існує і задана й шукана функція задовольняють умови застосовності залучених нижче інтегральних перетворень [2, 3].

До задачі (1)-(3) застосуємо скінченне інтегральне перетворення Фур'є щодо змінної φ [2]:

$$F_m[g(\varphi)]=\int_0^{2\pi} g(\varphi)e^{-im\varphi}d\varphi \equiv g_m,\ i=\sqrt{-1}, \qquad (4)$$

$$F_m^{-1}[g_m]=\frac{\mathrm{Re}}{2\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m g_m e^{im\varphi} \equiv g(\varphi), \qquad (5)$$

$$F_m\left[\frac{d^2g}{d\varphi^2}\right]=-m^2F_m\left[g(\varphi)\right]=-m^2g_m, \qquad (6)$$

де $\mathrm{Re}(...)$ - дійсна частина виразу (…) щодо φ; $\varepsilon_0=1$; $\varepsilon_k=2$; $k=1,2,3,...$

Інтегральний оператор Фур'є F_m за правилом (4) внаслідок тотожності (6) періодичній крайовій задачі (1)-(3) ставить у відповідність задачу про структуру обмеженого в області $\Omega'=\{(r,z): r\in(0;+\infty); z\in(-\infty;+\infty)\}$ розв'язку B - еліптичного рівняння

$$a_r^2B_{\nu_m,0}\left[u_m\right]+a_z^2\frac{\partial^2u_m}{\partial z^2}-\chi^2u_m=-f_m(r,z) \qquad (7)$$

з крайовими умовами

$$u_m\Big|_{|z|=\infty}=0;\ \frac{\partial u_m}{\partial z}\Big|_{|z|=\infty}=0, \qquad (8)$$

$$u_m\Big|_{r=0}=0;\ \frac{\partial u_m}{\partial r}\Big|_{r=+\infty}=0, \tag{9}$$

де $\nu_m=a_r^{-1}a_\varphi m$; $B_{\nu_m,0}=\frac{d^2}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{d}{dr}-\frac{\nu_m{}^2}{r^2}$ - диференціальний оператор Бесселя [4].

До задачі (7)-(9) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є на декартовій осі щодо змінної z [3]:

$$F\left[g(z)\right]=\int\limits_{-\infty}^{+\infty}g(z)e^{-i\sigma z}dz\equiv\tilde{g}(\sigma), \tag{10}$$

$$F^{-1}\left[\tilde{g}(\sigma)\right]=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\tilde{g}(\sigma)e^{i\sigma z}d\sigma\equiv g(z), \tag{11}$$

$$F\left[\frac{d^2g}{dz^2}\right]=-\sigma^2F\left[g(z)\right]\equiv-\sigma^2\tilde{g}(\sigma). \tag{12}$$

У результаті застосування оператора F за правилом (10) внаслідок тотожності (12) одержуємо задачу побудови обмеженого на полярній осі $r>0$ розв'язку неоднорідного диференціального рівняння Бесселя [4]

$$a_r^2B_{\nu_m,0}[\tilde{u}_m]-(a_z^2\sigma^2+\chi^2)\tilde{u}_m=-\tilde{f}_m(r,\sigma) \tag{13}$$

з крайовими умовами

$$\tilde{u}_m\Big|_{r=0}=0,\ \frac{d\tilde{u}_m}{dr}\Big|_{r=+\infty}=0. \tag{14}$$

До задачі (13),(14) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є – Бесселя щодо змінної r [3]:

$$H_\nu\left[g(r)\right]=\int\limits_0^{+\infty}g(r)I_\nu(\lambda r)rdr\equiv\tilde{g}(\lambda), \tag{15}$$

$$H_\nu^{-1}\left[\tilde{g}(\lambda)\right]=\int\limits_0^{+\infty}\tilde{g}(\lambda)I_\nu(\lambda r)\lambda d\lambda\equiv g(r), \tag{16}$$

$$H_\nu\left[\frac{d^2g}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dg}{dr}-\frac{\nu^2}{r^2}g\right]=-\lambda^2H_\nu\left[g(r)\right]\equiv-\lambda^2\tilde{g}(\lambda), \tag{17}$$

де $I_\nu(x)$ - циліндрична функція дійсного аргумента 1-го роду ν-го порядку [4].

Інтегральний оператор H_{ν_m} за правилом (15) внаслідок тотожності (17) крайовій задачі (13),(14) ставить у відповідність алгебраїчне рівняння

$$(a_r^2\lambda^2 + a_z^2\sigma^2 + \chi^2)\tilde{\tilde{u}}_m(\lambda,\sigma) = \tilde{\tilde{f}}_m(\lambda,\sigma)\,. \qquad (18)$$

Із рівняння (18) знаходимо функцію

$$\tilde{\tilde{u}}_m(\lambda,\sigma) = \frac{\tilde{\tilde{f}}_m(\lambda,\sigma)}{a_r^2\lambda^2 + a_z^2\sigma^2 + \chi^2}\,. \qquad (19)$$

Застосувавши послідовно до функції $\tilde{\tilde{u}}_m(\lambda,\sigma)$, визначеної формулою (19), обернені оператори $H_{\nu_m}^{-1}$, F^{-1}таF_m^{-1} одержуємо функцію

$$u(r,\varphi,z) = \int_0^{+\infty}\int_0^{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} E(r,\rho,\varphi-\alpha,z-\xi)f(\rho,\alpha,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho\,, \qquad (20)$$

яка визначає структуру розв’язку еліптичної крайової задачі (1)-(3) в однорідному ортотропному циліндрично-круговому просторі.

У формулі (20) бере участь фундаментальна функція

$$E(r,\rho,\varphi,z) = \frac{1}{2\pi^2}\sum_{m=0}^{\infty}\int_0^{+\infty}\int_0^{+\infty}\varepsilon_m \frac{I_{\nu_m}(\lambda r)I_{\nu_m}(\lambda\rho)\lambda\cos(\sigma z)d\lambda d\sigma}{a_r^2\lambda^2 + a_z^2\sigma^2 + \chi^2}\cos m\varphi \qquad (21)$$

періодичної крайової задачі (1)-(3).

Оскільки [5]

$$\int_0^{+\infty}\frac{\cos(xy)dx}{x^2+a^2} = \frac{\pi}{2a}\exp\left(-a|y|\right),\ (\mathrm{Re}\,a>0)\,,$$

то формулу (21) можна записати у вигляді

$$E(r,\rho,\varphi,z) = \frac{1}{4\pi a_z}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m E_m(r,\rho,z)\cos m\varphi\,,$$

де

$$E_m(r,\rho,z) = \int_0^{+\infty}\exp\left[-a_z^{-1}\sqrt{a_r^2\lambda^2+\chi^2}\,|z|\right]\frac{I_{\nu_m}(\lambda r)I_{\nu_m}(\lambda\rho)\lambda d\lambda}{\sqrt{a_r^2\lambda^2+\chi^2}}\,.$$

З використанням властивостей фундаментальної функції $E(r,\rho,\phi,z)$ безпосередньо перевіряється, що функція $u(r,\varphi,z)$, визначена формулою (20), задовольняє рівняння (1) та крайові умови (2),(3) в сенсі теорії узагальнених функцій [6].

Класичність розв’язку (20) забезпечує така теорема.

Теорема. Нехай виконуються умови:

1) функція f двічі неперервно диференційовна і має обмежену варіацію в області Ω за кожною із змінних;

2) функція f абсолютно інтегровна на проміжку $(-\infty;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial f/\partial z$ при $|z|\to+\infty$;

3) функція f абсолютно інтегровна з вагою r на проміжку $(0;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial f/\partial r$ при $r\to 0$ та при $r\to+\infty$.

Тоді в класі двічі неперервно диференційовних в області Ω функцій $u(r,\varphi,z)$, що задовольняють умови 1)-3), еліптична крайова задача (1)-(3) має єдиний обмежений розв'язок, який визначається за формулою (20).

Зазначимо, що при $a_r=a_\varphi=a_z\equiv a>0$ формула (20) визначає розв'язок еліптичної крайової задачі (1)-(3) в однорідному ізотропному циліндрично-круговому просторі.

Висновки. Одержано інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку еліптичної періодичної крайової задачі для диференціального рівняння Пуассона в однорідному ортотропному циліндрично-круговому просторі у спеціальному класі функцій обмеженої варіації.

Список використаних джерел:

1. Гилборг Д. Эллиптические дифференциальные уравнения с частными производными второго порядка / Д. Гилборг, Н Трудингер. - М.: Мир, 1989. – 469 с.
2. Трантер К. Дж. Интегральные преобразования в математической физике / К.Дж.Трантер. - М.: Гостехтеориздат, 1956. – 204 с.
3. Снеддон И. Преобразования Фурье / И. Снеддон. - М.: ИЛ, 1955. - 668 с.
4. Грей Э. Функции Бесселя и их приложения в физике и технике / Э.Грей, Г.Б.Метьюз. - М.: ИЛ, 1949. - 386 с.
5. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И. С. Градштейн, И.М.Рыжик. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.
6. Гельфанд И. М. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений / И.М.Гельфанд, Г.Е.Шилов. – М.: Физматгиз, 1958. - 247 с.

The method of integral transformation construct exact analytical solution of a boundary value problem for Poisson equation in a homogeneous cylindrical-circular space.

Key words: *Poisson equation, integral transform, the fundamental function.*

УДК 546.682:546.221

Нікуліца О.І., магістрант фізико-математичного факультету

Наукові керівники: **Губанова А.О.,** кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Криськов А.А., старший викладач

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПІДСИЛЮВАЧА ПОТУЖНОСТІ НА ЛАВИННИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Описано технологію дослідження роботи підсилювача потужності.

Ключові слова: *транзистор, підсилювач,електронні схеми,* p-n-перехід.

Дослідження роботи транзисторів у режимі лавинного пробою розпочалась ще в 50-х роках XX ст., як тільки були усвідомлені фізичні процеси, які протікають в p-n-переходах транзисторів. Ці дослідження носили переважно теоретичний характер. З результатів досліджень були зроблені висновки про можливість стабільної і надійної роботи транзистора при електричному пробої його колекторного p-n-переходу [2, 3, 4].

Об'єктом дослідження в даній роботі є двотактний підсилювач потужності звукової частоти [1]. Метод дослідження полягає у експериментальному знятті амплітудних і амплітудно-частотних характеристик підсилювача та визначені смуги робочих частот.

Для описання роботи транзистора в електричних схемах користуються його характеристиками, тобто, графічними зображеннями функціональних залежностей між певними струмами і напругами. Найчастіше використовуються вхідні і вихідні характеристики при ввімкненні транзистора за схемою із спільним емітером.

Вхідною характеристикою є залежність струму бази від напруги між базою і емітером при сталій напрузі між колектором і емітером:

$$I_б = f_1(U_{бе})_{U_{ке}} = const$$

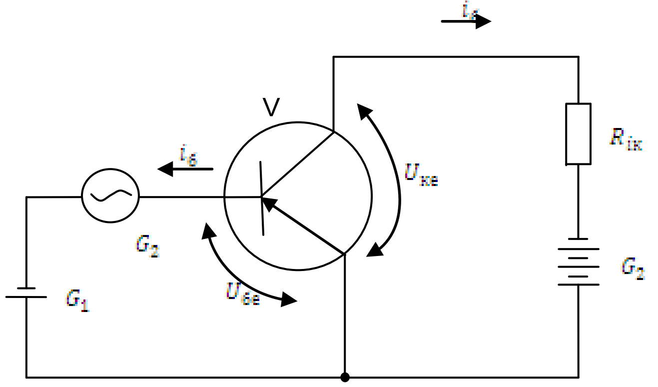


Рис. 1

Вихідними характеристиками є залежність струму колектора від напруги між колектором і емітером при сталому струмі база:

$I_k = f_2(U_{ke})_{I_б} = const$

При роботі транзистора в електронних схемах в коло бази, як правило, вмикається будь-який генератор змінного струму, а в коло колектора – певне навантаження. Генератором може бути антена, мікрофон, магнітна головка, попередній каскад, а навантаженням – вимірювальний прилад, гучномовець, наступний каскад . На схемі, зображеній на рис. 1, генератор позначений G_2, а навантаження – $R_к$. Генератор розвиває змінну напругу U_2, в результаті чого змінюється струм бази і напруга база – емітер. Зміни струму бази викликають відповідні зміни струму колектора. При протіканні змінного струму колектора по опору навантаження $R_к$ на ньому відбувається змінний спад напруги, який призводить до зміни напруги $U_{кe}$. Отже, в динамічному режимі всі чотири величини, які характеризують роботу транзистора, будуть змінними:

$$\begin{cases} U_{бe} = U_{б0} + u_1 \\ i_б = I_{б0} + i_1 \\ U_{кe} = U_{к0} + u_2 \\ i_к = I_{к0} + i_2 \end{cases}$$

В цих формулах введені позначення:

— $U_{б0}$ – постійна напруга між базою і емітером, створена батареєю G_1;

— u_1 – змінна напруга генератора G_2;

— $I_{б0}$ – постійний струм бази від батареї G_1;

— i_1 – змінний струм генератора;

— $U_{к0}$ – постійна напруга між колектором і емітером, створена батареєю G_2;

— u_2 – змінна напруга між колектором і емітером, зумовлена протіканням змінного струму по опору навантаження $R_к$

— $I_{к0}$ – постійний струм колектора від батареї G_2;

— i_2 – змінний струм колектора.

Малосигнальні параметри:

— Вхідний опір транзистора

$h_{11} = \frac{\Delta u_1}{\Delta i_1}$

— Коефіцієнт зворотної передачі напруги

$h_{12} = \frac{\Delta u_1}{\Delta u_2}$

— Коефіцієнт підсилення струму

$h_{21} = \frac{\Delta i_2}{\Delta i_1}$

— Вихідна провідність

$h_{22} = \frac{\Delta i_1}{\Delta u_2}$

Колекторний p-n – перехід транзистора, як правило, ввімкнений у зворотному напрямі, тому його опір досить великий ($10^5 \dots 10^7\,Ом$). Струм через такий p-n – перехід протікає внаслідок екстракції носіїв із бази, тому струм колектора в значній мірі залежить від струму бази:

$I_k = h_{21} I_б$

Однак, при достатньо великих зворотних напругах опір p-n – переходу різко зменшується. Стається це внаслідок електричного пробою p-n – переходу. Електричний пробій виникає внаслідок ударної іонізації атомів основного напівпровідникового матеріалу (германію чи кремнію) [5]. Механізм ударної іонізації полягає ось у чому. Під дією сильного електричного поля носії струму набувають великої кінетичної енергії

$W_k = eU$

де e-заряд електрона (або дирки), U – прикладена напруга.

Якщо кінетична енергія носія перевищує енергію іонізації атома, утворюється пара електрон-дирка. Утворені нові носії прискорюються електричним полем та іонізують інші атоми. Для іонізації важливо, щоб електрон на довжині вільного пробігу встиг набути необхідної енергії. Зовнішнє електричне поле напруженістю E зосереджене в основному в області p-n – переходу, тому

$W_k = eE\delta$

де δ – товщина p-n – переходу.

Процес розмноження носіїв схематично показаний на рис. 2, де великі заштриховані кружки умовно зображують атоми, маленькі світлі – електрони, а чорні – дирки. Електрон 1, стикаючись з атомом е, відбивається від нього і породжує пару – вибитий електрон 2 і дирку $2^{`}$. Отже, в результаті цього акту маємо три носії 1–2–$2^{`}$. Електрон 2 взаємодіє з атомом f і породжує пару 4–$4^{`}$, відбитий електрон 1 на атомі с породжує пару 3–$3^{`}$, а дирка $2^{`}$ на атомі g-пару 5–$5^{`}$. В результаті другого акту маємо вже 9 носіїв заряду. Цей процес продовжується далі, і концентрація носіїв заряду зростає приблизно в геометричній прогресії. Відповідно зростає густина струму

$$j = e\left(nb_n + pb_p\right)$$

де b_n і b_p – рухливості електронів і дирок. Процес розмноження носіїв заряду носить лавиноподібний характер, тому пробій p-n – переходу називається лавинним.

Крім лавинного механізму пробою можливий тунельний пробій, який наступає у слабких полях при великих концентраціях домішок.

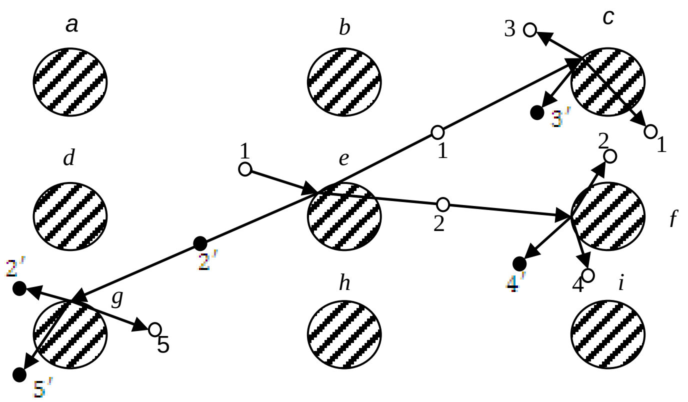


Рис. 2

Електронний підсилювач – це пристрій, який перетворює енергію постійного струму джерела живлення в енергію електричних коливань, причому, процесом перетворення керує зовнішній генератор. Генератор будемо називати джерелом сигналу. Джерелом сигналу може бути мікрофон, магнітна головка магнітофона чи вінчестер комп'ютера, антена телевізора і. т.д. Основне завдання підсилювача – збільшити амплітуду напруги або сили струму порівняно з такими ж величинами джерела сигналу.[6] Якщо позначити напругу, силу струму чи потужність, які розвиває джерело сигналу, через $U_{вх}$, $I_{вих}$, $P_{вх}$, а ті ж величини на виході підсилювача – через $U_{вх}$, $U_{вих}$, $P_{вх}$, то можна ввести перший основний параметр – <u>коефіцієнт підсилення:</u>

За напругою – $K_u = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$

За струмом – $K_{i=\frac{I_{вих}}{I_{вх}}}$

За потужністю – $K_{p=\frac{P_{вих}}{P_{вх}}}$

Ці коефіцієнти між собою взаємозв'язані:

$K_p = K_u K_I$

Наступні параметри підсилювача – <u>вхідний і вихідний опори.</u>

Вхідний і вихідний опори рівні відповідно:

$R_{вх} = \frac{U_{вх}}{I_{вх}}$

$R_{вих} = \frac{U_{вих}}{I_{вих}}$

<u>Вихідна потужність</u> – це потужність, яку розвиває підсилювач на опорі навантаження:

$P_{вих} = U_{вих} I_{вих} = \frac{U_{вих}^2}{R_м}$

Для виконання дослідження зібрати схему підсилювача зображені на рис. 3, разом з приєднаними приладами для досліджень.

Живлення схеми здійснювати від регульованого випрямляча ВУП – 2м. Напругу живлення контролювати вольтметром V_3, а споживаний підсилювачем струму – міліамперметром мА. Вольтметр V_2 вимірює ефективне значення напруги на навантаженні. За показами цього вольтметра визначається вихідна потужність підсилювача

$$P_{вих} = \frac{U_2^2}{R_3}$$

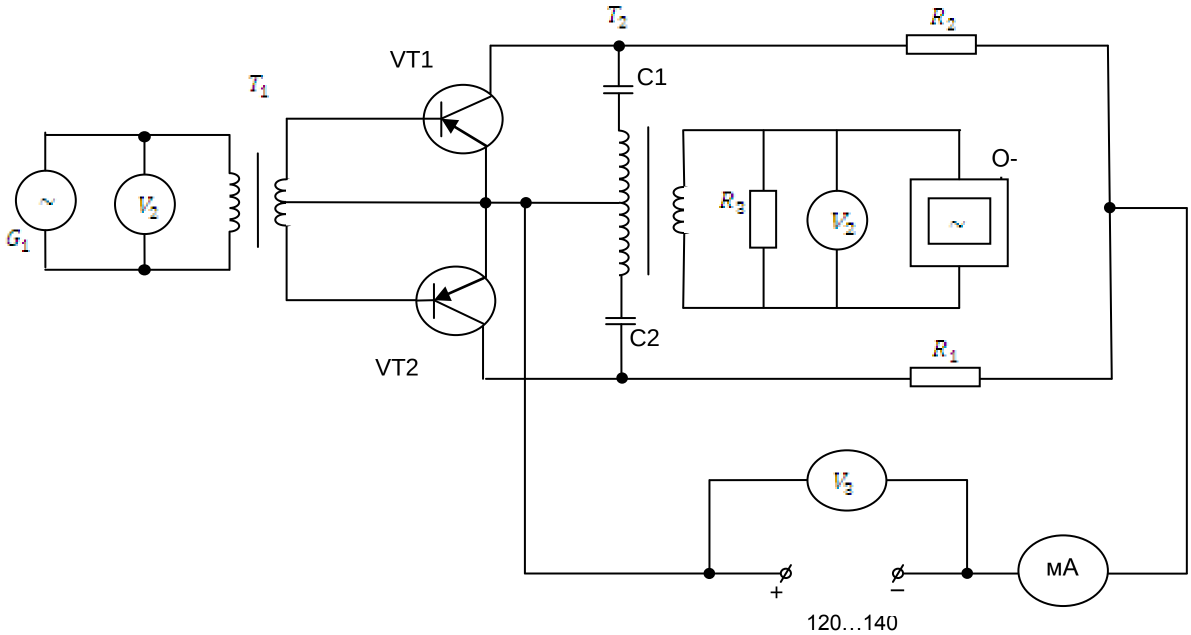


Рис.3

До первинної обмотки приєднати вхід генератора сигналів G_1 типу Г3-112. Напругу сигналу генератора вимірювати вольтметром V_1. Частоту сигналу змінювати в межах від 20Гц до 50кГц.

Обчислити максимальну вихідну потужність підсилювача

$$P_{\text{вих}_\text{A}} = 2 \cdot \frac{U_m I_m}{2}$$

За результатами вимірювань п.п. 2 і 3 побудувати амплітудно-частотну характеристику підсилювача.

Список використаних джерел:

1. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. – К: – Вища школа. – 1983. – 240с.
2. Жеребцов И.П. Основы электроники. – л.: Энергоатомиздат. – 1989. – 350с.
3. Зайцев Е.Т. Транзистор в режиме лавинного пробоя. // Радио. – 1975. – №5. –с. 32 – 36.
4. Зиновьев В.Г. О лавинном режиме работы транзисторов. / Полупроводниковые приборы и их применение. Вып. 12. – м. Советское радио. – 1966. – с. 112 – 116.
5. Криськов А.А., Поведа Р.А. Статичні характеристики потужних транзисторів в режимі лавинного пробою. / Наукові праці Кам’янець-Подільського державного педагогічного університету. Вип. 2. Т.2. – Кам’янець-Подільський державний університет: інформаційно-видавничий відділ. – 2003. – с. 45 – 46.

Technology of research of work of power-amplifier is described.

Key words: *transistor, strengthener, electronic charts,* p-n-transition.

УДК 372

Павлюк І.А., магістрантка психологічного факультету
Науковий керівник – **Атаманчук П.С.,** доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі

ОСНОВИ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ З ЕКОНОМІКИ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИКИ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ

Розглянуто питання щодо шляхів виявлення пізнавальної діяльності учнів з економіки при вивченні математики основної школи

Ключові слова: *активізація пізнавальної діяльності, активне і самостійне навчання, задачі фінансового змісту.*

У сучасному світі математика відіграє велику роль у теоретичних, технічних, економічних дослідженнях. Багато економічних проблем, наприклад проблем внутрішнього зв’язку прогнозів, їх оптимізації, вибору найефективніших інвестиційних рішень та інших, можна успішно розв’язати за допомогою математичних методів.

Економічний розвиток деяких країн показує, що фінансово-економічна обізнаність у країні є головним джерелом фінансового розвитку держави. Не випадково в розвинутих країнах цьому поділяється велика увага: з фінансовими проблемами учні знайомляться вже з перших шкільних років та протягом всього навчального періоду поповнюють навичками розв‘язання фінансово-математичних задач.

Сьогодні економіці України особливо потрібні люди, здатні працювати активно, зацікавлено з високою професійною майстерністю. Економічна освіта стала потребою сьогодення.

Активізація пізнавальної діяльності учнів є багатоаспектним питанням. Її характерними рисами є підвищення рівня активності та самостійності учнів, незмінно зростаючі працездатність та прагнення учнів до самоосвіти.

Важливою є допомога школи у виробленні самостійності мислення, вмінні приймати рішення, застосуванні теоретичних знань в повсякденному житті. У зв'язку з цим постає питання про вдосконалення методів та прийомів навчання математики, які спроможні максимально сприяти розвитку активного та самостійного навчання учнів.

Важливою умовою активізації пізнавальної діяльності учнів в процесі навчання є знання психологічних закономірностей розвитку школярів. Це можна відмітити в працях Б.Г.Ананьєва, О.М.Кабанової-Меллер, В.О. Крутецького, П.Д. Кудрявцева, Н.О.Менчинської, С.Л.Рубінштейна та інших.

В існуючих наукових дослідженнях Л.П.Аристова, Т.В.Габай, Т.Г.Шамова, Г.І.Щукіна розглядаються основні питання стосовно формування пізнавальної активності, показано її природу та сутність, проведено аналіз рівнів пізнавальної активності.

Метою даної статті є висвітлення значимості активізації пізнавальної діяльності учнів при розв'язанні математичних задач фінансового змісту.

Національна доктрина розвитку освіти в Україні та Концепція загальної середньої освіти (12-річна школа) спрямовують педагогічну науку на пошук нових принципів та критеріїв вибору змісту освіти, нових технологій, які ведуть до високої теоретичної та практичної підготовки учня та орієнтовані на розвиток особистості.

У практиці навчання математики більше спостерігається прояв інтересу учнів до розв‘язання задач прикладного спрямування, ніж до теоретичних чи тренувальних вправ. І це не випадково. В таких задачах розглядається певна реальна ситуація, яка вчить не лише математичним законам, а й показує їх практичне застосування. Тому потрібно, щоб вивчення математики включало в себе більше задач практичної значимості. Вони зацікавлюють учнів, показують можливість реалізації математичних знань в життєвих ситуаціях [2].

Математичні задачі фінансового змісту - це засіб ознайомлення учнів з застосуванням математичних понять та методів у фінансовій галузі та розкриття можливостей математики у фінансовій теорії.

Робота з прикладними задачами фінансового змісту в процесі навчання математики сприяє, з одного боку, розвитку математичного мислення, зацікавлює учнів, а з іншого – озброює їх фінансовими знаннями. Це відбувається завдяки математичним інтерпретаціям фінансових понять, які використовуються в процесі розв'язання задач.

Інтерес, який виникає до змісту задачі, не лише сприяє адекватному осмисленню її вимог, але й надає цій вимозі особистого характеру. Це спрямовує діяльність учня на розв'язування конкретної задачі – отримання результату. Розв'язування багатьох задач потребує від людини добре розвинених здібностей до творчої діяльності або, принаймні, здібностей та вмінь відшукати оптимальне в даних умовах розв'язування. Багатьох учнів приваблює не так сама задача, як процес щодо її розв'язання. Розв'язування математичних задач фінансового змісту може бути організовано по-різному: в формі змагання на кращого "банкіра", "фінансиста"; у вигляді пошуку помилок, придумування контрприкладів… Учні із задоволенням беруть участь у змаганнях щодо розв'язування задач, бачать продуктивність сумісного розв'язання проблеми, обговорюють розв'язки та відповіді друзів.

"Використання задач, - зазначає Е.Ф.Вінокуров, - перетворює навчання на творчий процес та сприяє глибокому осмисленню й усвідомленню матеріалу". [3]

Практика роботи над задачами фінансово-математичної тематики, показала, що, для досягнення мети фінансового розвитку школярів та їх підготовки до життя в ринкових умовах також доцільно дотримуватись таких принципів:

1. Знайомство з головними економічними законами держави, а саме економічними положеннями Конституції України, основами оподаткування, фінансово-розрахунковими операціями тощо, повинно бути адаптоване до різних вікових груп.
2. На уроках математики мають використовуватись документи фінансової діяльності держави та відомих підприємств.
3. Під час розв'язування задач із фінансовою фабулою, слід використовувати відповідну методику, яка дозволяє ефективно обчислити відповідь суто математичної задачі з поясненням фінансових термінів, які зустрічаються в тексті задачі.

4.Виявляти фінансову залежність між фінансовими величинами, які відповідають реаліям сьогодення.

5.Використовувати відповідний набір задач для розвитку та формування таких рис характеру, як бережливість, економність.

Для реалізації сформульованих принципів фінансової освіти та виховання школярів на уроках математики є необхідним уточнення фінансових аспектів, які можуть бути розглянуті на уроках при роботі з фінансово-математичними задачами. Ставлячи за мету збільшення фінансових знань учнів під час розв‘язання задач, також потрібно звернути увагу на розвиток навичок аналізувати причинно-наслідкові зв‘язки між фінансовими факторами та їх математичною інтерпретацією. Завдяки цьому виникає потреба в збільшенні розгляду фінансових понять, задач та проблем, що несуть в собі як математичний, так і фінансово-економічний зміст. Все це можливо здійснити за допомогою шкільного курсу математики.

1. Розв’язування математичних задач фінансового змісту сприяє створенню необхідного емоційного настрою, активності учнів у навчанні та розширенню сфери практичного застосування вмінь та навичок учнів, отриманих у процесі вивчення математики.

2. Система математичних задач фінансового змісту виступає ефективним засобом активізації пізнавальної діяльності учнів основної школи.

3. Сьогодні, коли умови ринкових відносин у державі набувають все більших обертів, доцільно адаптувати учнів до розв’язування низки фінансових проблем реального життя.

Список використаних джерел:

1. Ковальчук Г.О. Активізація навчання в економічній освіті: Навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. – К.:КНЕУ, 2005. – 298 с.

2. Срода Г.В. Воспитание активности и самостоятельности учащихся в обучении. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1956. – 56 с.

3. Винокуров Е.Ф. Школьное экономическое образование и учитель математики // Математика в школе. – 2001.- №2. – С.23- 27.

4. Пономаренко О.І. Сучасний фінансовий аналіз і фінансові числення // У світі математики. - 1997. - т.3. в.1.– С. 28-42.

5. Шамов Т.И. Активизация учения школьников. –М.: Педагогика, 1982 – 208 с.

A question is considered in relation to the ways of exposure of cognitive activity of students from an economy at the study of mathematics of basic school.

Key words: *activation of cognitive activity, active and independent studies, tasks of financial maintenance.*

УДК 681.3

Пономаренко Ю.О., студент 5 курсу фізико-математичного факультету.
Науковий керівник – **Бейко І.В.,** доктор технічних наук, професор

ТЕХНОЛОГІЯ Silverlight

Дана стаття присвячена ознайомленню з можливостями технології Silverlight.
Ключові слова: Інтернет-ресурси, Java, ActiveX, Flash, Silverlight, XAML, візуальні елементи, розробка веб-сторінок.

Сьогодні все більше і більше людей використовує Інтернет майже у всіх сферах свого життя. Тому наразі інформація різного типу доступна в Інтернеті. Постала необхідність забезпечити користувачів простими у використанні засобами доступу до ресурсів мережі. Це призвело до появи розширених технологій розробки додатків. Наведемо приклади таких технологій.

ActiveX, Java-аплети Flash-додатки — це елементи управління, що використовують технологію модулів, які підключаються. Принцип дії даної технології в тому, що так звані «інструменти, які підключаються» дозволяють браузеру частково використовувати локальні ресурси користувачів.

JavaScript і AJAX використовують концепцію негайних часткових оновлень. Це дозволяє створювати більш динамічні Веб-сайти. Але дані технології не підтримують наприклад, анімації, відео, графіку.

Крім того дані у Java, ActiveX, Flash передаються в браузер у двійковому вигляді. Тому складно перевірити чи не несе така інформація загрозу комп'ютеру. Також часто відбувається гальмування веб-сторінок, оскільки, щоб реалізувати будь-які зміни потрібно переустановлювати весь додаток.

Для виходу за рамки цих обмежень компанією Microsoft була розроблена технологія Silverlight.

Silverlight - це назва нової технології представлення даних в Інтернеті, призначеною для запуску на різних платформах. Вона дозволяє створювати насичені, візуально привабливі веб-сторінки, що працюють в різних браузерах, пристроях і настільних операційних системах (наприклад Apple Macintosh). Ключовою можливістю Silverlight, як і всієї технології представлення WPF (Windows Presentation Foundation) платформи Microsoft .NET Framework 3.0, є використання XAML (extensible Application Markup Language, розширювана мова розмітки додатків). [5]

XAML — це мова розмітки на базі XML, яка використовується для представлення візуальних елементів додатків. До них відносять графічні елементи, анімації, мультимедія, елементи управління і ін. [4]

Коренем всіх XAML-документів є елемент-контейнер, такий як Canvas або Grid, в якому буде представлений інтерфейс користувача. Контейнери можуть містити дочірні елементи. Наприклад, наступний код демонструє використання текстового поля і графічного елемента — еліпса.

```
<UserControl x:Class="SilverlightApplication2.Page"
   xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
   xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
   Width="400" Height="300">
   <Canvas x:Name="LayoutRoot" Background="White">
      <TextBlock Text="Це еліпс!" Width="20" Canvas.Left="180"/>
      <Ellipse Canvas.Top="30" Fill="Chocolate" Height="200" Width="300" Canvas.Left="50"/>
   </Canvas>
</UserControl>
```

Щодо інструментів розробки, Silverlight-додатки мають особливість. Для розробників основний інструмент - це Microsoft Visual Studio, а для дизайнерів - Microsoft Expression Blend. В рамках моделі Silverlight будь-яке створене дизайнерами рішення зберігається у вигляді XAML. Цей XAML-документ згодом автоматично вбудовується у веб-сторінку за допомогою середовища виконання Silverlight. В результаті дизайнер і програміст злагоджено можуть працювати над кінцевим результатом.

Оскільки технічно XAML - це XML, він не викликає конфліктів з брандмауерами, легко доступний для перегляду, і при цьому описує різний вміст. При зміні вмісту сторінки засобами Silverlight на стороні сервера створюється новий XAML-файл. При наступному перегляді сторінки відбувається завантаження цього файлу, а значить, потреба в переустановленні (як у випадку Java, ActiveX, Flash) відпадає.

Отже, технологія Silverlight - наступний крок на шляху розширення можливостей, які розробники і дизайнери можуть надати користувачам. Дана технологія дає можливість якісно передавати графічні елементи, анімації, мультимедія.

Список використаних джерел:

1. *Отримано 16. 10. 2009 р., з http://msdn.microsoft.com/silverlight/default.aspx*
2. *Отримано 16. 10. 2009 р., з http://www.silverlight.net/*
3. *A.Ghoda. (2009). Pro Silverlight for the Enterprise.*
4. *Л.Морони. (2008). Введение в Microsoft Silverlight2. Microsoft Press.*
5. *Л.Морони. (без дати). Знакомство с Silverlight. Отримано 16. 10. 2009 р., з MSDN: http://msdn2.microsoft.com/library/bb404300.aspx*
6. *М.Мак-Дональд. (2009). Silverlight 2 с примерами на C# для профессионалов. Вильямс.*
7. *С.Лутай. (без дати). Silverlight 2: Что внутри? Отримано 16. 10. 2009 р., з Блог о Silverlight и не только: http://dev.net.ua/blogs/sergeylutay/pages/7994.aspx*

This article is devoted to the acquaintance with possibilities of technology Silverlight.

Key words: *Internet- resources, Java, ActiveX, Flash, Silverlight, XAML, visual elements, development of web pages.*

УДК 517.9

Сидорук В.А., магістрант фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Конет І.М.**, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри диференціальних рівнянь та прикладної математики

ПАРАБОЛІЧНА КРАЙОВА ЗАДАЧА В ОДНОРІДНОМУ ЦИЛІНДРИЧНО-КРУГОВОМУ ПРОСТОРІ

Методом інтегральних перетворень побудовано точний аналітичний розв'язок крайової задачі для параболічного рівняння 2-го порядку в однорідному циліндрично-круговому просторі.

Ключові слова: *параболічне рівняння, інтегральне перетворення, фундаментальна функція, функція Коші.*

Вступ. Теорія параболічних крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними – важливий розділ сучасної теорії диференціальних рівнянь, який в даний час інтенсивно розвивається. Її актуальність обумовлена як значимістю її результатів для розвитку багатьох розділів математики, так і численними застосуваннями її досягнень при дослідженні різноманітних математичних моделей різних процесів і явищ фізики, механіки, біології, хімії, медицини, економіки та техніки. Одним з важливих і ефективних методів вивчення крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними є метод інтегральних перетворень, який дає можливість будувати в аналітичному вигляді розв'язки тих чи інших крайових задач через їх інтегральне зображення. У цій статті методом інтегральних перетворень у поєднанні з методом головних розв'язків (фундаментальних функцій і функцій Коші) одержано теорему про інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку крайової задачі для тривимірного параболічного рівняння 2-го порядку в однорідному ортотропному циліндрично-круговому просторі.

Основна частина. Розглянемо задачу побудови обмеженого в області

$$D=\left\{(t,r,\varphi,z): t\in(0;+\infty); r\in(0;+\infty); \varphi\in\left[0;2\pi\right); z\in(-\infty;+\infty)\right\}$$

2π - періодичного щодо кутової змінної φ розв'язку параболічного рівняння [1]

$$\frac{\partial u}{\partial t}-\left[a_r^2\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\right)+\frac{a_\varphi^2}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}+a_z^2\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]u+\chi^2 u=f(t,r,\varphi,z) \qquad (1)$$

з початково-крайовими умовами

$$u(t,r,\varphi,z)\big|_{t=0}=g(r,\varphi,z); \qquad (2)$$

$$u\big|_{|z|=\infty}=0; \left.\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{|z|=\infty}=0; \qquad (3)$$

$$u\big|_{r=0}=0; \left.\frac{\partial u}{\partial r}\right|_{r=+\infty}=0, \qquad (4)$$

де a_r, a_φ, a_z - деякі невід’ємні сталі; χ - деяка додатна стала; $f(t,r,\varphi,z)$, $g(r,\varphi,z)$ - задані обмежені функції, $u(t,r,\varphi,z)$ - шукана функція.

Припустимо, що розв’язок задачі (1)-(4) існує і задані й шукана функції задовольняють умови застосовності залучених нижче інтегральних перетворень [2, 3].

До задачі (1) – (4) застосуємо скінченне інтегральне перетворення Фур’є щодо змінної φ [2]:

$$F_m[g(\varphi)]=\int_0^{2\pi} g(\varphi)e^{-im\varphi}d\varphi \equiv g_m,\ i=\sqrt{-1} \qquad (5)$$

$$F_m^{-1}[g_m]=\frac{\mathrm{Re}}{2\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m g_m e^{im\varphi}\equiv g(\varphi), \qquad (6)$$

$$F_m\left[\frac{d^2 g}{d\varphi^2}\right]=-m^2F_m\left[g(\varphi)\right]=-m^2 g_m, \qquad (7)$$

де $\mathrm{Re}(...)$ - дійсна частина виразу (…) щодо φ; $\varepsilon_0=1$; $\varepsilon_k=2$; $k=1,2,3,...$

Інтегральний оператор Фур’є F_m за правилом (5) внаслідок тотожності (7) періодичній початково-крайовій задачі (1)-(4) ставить у відповідність задачу про структуру обмеженого в області $D'=\{(t,r,z): t\in(0;+\infty); r\in(0;+\infty); z\in(-\infty;+\infty)\}$ розв’язку B - параболічного рівняння

$$\frac{\partial u_m}{\partial t}-\left[a_r^2 B_{\nu_m,0}\left[u_m\right]+a_z^2\frac{\partial^2 u_m}{\partial z^2}\right]+\chi^2 u_m = f_m(t,r,z) \qquad (8)$$

з початково-крайовими умовами

$$u_m(t,r,z)\Big|_{t=0} = g_m(r,z)\,; \qquad (9)$$

$$u_m\Big|_{|z|=\infty} = 0\,;\ \frac{\partial u_m}{\partial z}\Big|_{|z|=\infty} = 0\,; \qquad (10)$$

$$u_m\Big|_{r=0} = 0\,;\ \frac{\partial u_m}{\partial r}\Big|_{r=+\infty} = 0\,, \qquad (11)$$

де $\nu_m = a_r^{-1} a_\varphi m$; $B_{\nu_m,0} = \frac{d^2}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{d}{dr}-\frac{\nu_m^2}{r^2}$ - диференціальний оператор Бесселя [4].

До задачі (8)-(11) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є на декартовій осі щодо змінної z [3]:

$$F\left[g(z)\right]=\int_{-\infty}^{+\infty} g(z)e^{-i\sigma z}dz \equiv \tilde{g}(\sigma)\,, \qquad (12)$$

$$F^{-1}\left[\tilde{g}(\sigma)\right]=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\tilde{g}(\sigma)e^{i\sigma z}d\sigma \equiv g(z)\,, \qquad (13)$$

$$F\left[\frac{d^2 g}{dz^2}\right]=-\sigma^2 F\left[g(z)\right]\equiv -\sigma^2\tilde{g}(\sigma)\,. \qquad (14)$$

У результаті застосування оператора F за правилом (12) внаслідок тотожності (14) одержуємо задачу побудови обмеженого в області $D'' = \{(t,r): t\in(0;+\infty); r\in(0;+\infty)\}$ рівняння

$$\frac{\partial \tilde{u}_m}{\partial t}-a_r^2 B_{\nu_m,0}[\tilde{u}_m]+(a_z^2\sigma^2+\chi^2)\tilde{u}_m = \tilde{f}_m(t,r,\sigma) \qquad (15)$$

з початково-крайовими умовами

$$\tilde{u}_m(t,r,\sigma)\Big|_{t=0} = g_m(r,\sigma)\,, \qquad (16)$$

$$\tilde{u}_m\Big|_{r=0} = 0\,,\ \frac{\partial \tilde{u}_m}{\partial r}\Big|_{r=+\infty} = 0\,. \qquad (17)$$

До задачі (15)-(17) застосуємо інтегральне перетворення Фур'є – Бесселя щодо змінної r [3]:

$$H_\nu\left[g(r)\right]=\int_0^{+\infty} g(r)I_\nu(\lambda r)rdr\equiv\tilde g(\lambda)\,, \tag{18}$$

$$H_\nu^{-1}\left[\tilde g(\lambda)\right]=\int_0^{+\infty} \tilde g(\lambda)I_\nu(\lambda r)\lambda d\lambda\equiv g(r)\,, \tag{19}$$

$$H_\nu\left[\frac{d^2g}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dg}{dr}-\frac{\nu^2}{r^2}g\right]=-\lambda^2H_\nu\left[g(r)\right]\equiv-\lambda^2\tilde g(\lambda)\,, \tag{20}$$

де $I_\nu(x)$ - циліндрична функція дійсного аргументу 1-го роду ν-го порядку [4].

Інтегральний оператор H_{ν_m} за правилом (18) внаслідок тотожності (20) початково-крайовій задачі (15)-(17) ставить у відповідність задачу Коші для звичайного неоднорідного диференціального рівняння 1-го порядку

$$\frac{d\tilde{\tilde u}_m}{dt}+(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)\tilde{\tilde u}_m=\tilde{\tilde f}_m(t,\lambda,\sigma)\,, \tag{21}$$

$$\tilde{\tilde u}_m(t,\lambda,\sigma)\Big|_{t=0}=\tilde{\tilde g}(\lambda,\sigma)\,. \tag{22}$$

Безпосередньо перевіряється, що розв'язком задачі (21), (22) є функція

$$\tilde{\tilde u}_m(t,\lambda,\sigma)=\exp\left[-(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)t\right]\tilde{\tilde g}_m(\lambda,\sigma)+\int_0^t\exp\left[-(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2+\chi^2)(t-\tau)\right]\tilde{\tilde f}_m(\tau,\lambda,\sigma)d\tau\,. \tag{23}$$

Застосувавши послідовно до функції $\tilde{\tilde u}_m(t,\lambda,\sigma)$, визначеної формулою (23), обернені оператори $H_{\nu_m}^{-1}$, F^{-1} та F_m^{-1} одержуємо функцію

$$u(t,r,\varphi,z)=\int_0^t\int_0^{+\infty}\int_0^{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}E(t-\tau,r,\rho,\varphi-\alpha,z-\xi)f(\tau,\rho,\alpha,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho d\tau+ \tag{24}$$

$$+\int_0^{+\infty}\int_0^{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}K(t,r,\rho,\varphi-\alpha,z-\xi)g(\rho,\alpha,\xi)\rho d\xi d\alpha d\rho\,,$$

яка визначає структуру розв'язку параболічної крайової задачі (1)-(4) в однорідному циліндрично-круговому просторі.

У формулі (24) беруть участь фундаментальна функція

$$E(t,r,\rho,\varphi,z)=K(t,r,\rho,\varphi,z)S_+(t) \tag{25}$$

та функція Коші

$$K(t,r,\rho,\varphi,z)=\frac{\exp\left[-\chi^2t\right]}{2\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_mK_m(t,r,\rho,z)\cos m\varphi \tag{26}$$

періодичної початково-крайової задачі (1)-(4), де

$$K_m(t,r,\rho,z)=\int_0^{+\infty}\int_0^{+\infty}\exp\left[-(a_r^2\lambda^2+a_z^2\sigma^2)t\right]I_{\nu_m}(\lambda r)I_{\nu_m}(\lambda\rho)\cos(\sigma z)\lambda d\lambda d\sigma\,, \qquad (27)$$

$S_+(t)$ - асиметрична одинична функція Гевісайда [5].

Оскільки [6]

$$\int_0^{+\infty}\exp(-\alpha^2x^2)\cos(\beta x)dx=\frac{\sqrt{\pi}}{2\alpha}\exp\left(-\frac{\beta^2}{4\alpha^2}\right),$$

$$\int_0^{+\infty}\exp(-\gamma^2x^2)I_\nu(\alpha x)I_\nu(\beta x)xdx=\frac{1}{2\gamma}\exp\left(-\frac{\alpha^2+\beta^2}{4\gamma^2}\right)\mathrm{I}_\nu\left(\frac{\alpha\beta}{2\gamma^2}\right),$$

то формулу (27) можна записати у вигляді

$$K_m(t,r,\rho,z)=\frac{G(t,z)}{2a_r^2t}\exp\left(-\frac{r^2+\rho^2}{4a_r^2t}\right)\mathrm{I}_{\nu_m}\left(\frac{r\rho}{2a_r^2t}\right),$$

де $G(t,z)=\dfrac{\sqrt{\pi}}{2a_z\sqrt{t}}\exp(-\dfrac{z^2}{4a_z^2t})$, $I_\nu(x)$ - модифікована циліндрична функція 1-го роду ν-го порядку [4].

З використанням властивостей фундаментальної функції $E(t,r,\rho,\varphi,z)$ та функції Коші $K(t,r,\rho,\varphi,z)$ безпосередньо перевіряється, що функція $u(t,r,\varphi,z)$, визначена формулою (24), задовольняє рівняння (1), початкові умови (2) та крайові умови (3), (4) в сенсі теорії узагальнених функцій [7].

Класичність розв'язку (24) забезпечує така теорема.

Теорема. Нехай виконуються умови:

4) функція f неперервно диференційовна за змінною t, двічі неперервно диференційовна і має обмежену варіацію за геометричними змінними в області D;

5) функція f абсолютно інтегровна на проміжку $(-\infty;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial f/\partial z$ при $|z|\to+\infty$;

6) функція f абсолютно інтегровна з вагою r на проміжку $(0;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial f/\partial r$ при $r\to 0$ та при $r\to+\infty$;

7) функція g двічі неперервно диференційовна і має обмежену варіацію за кожною із змінних;

8) функція g абсолютно інтегровна на проміжку $(-\infty;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial g/\partial z$ при $|z|\to+\infty$;

9) функція g абсолютно інтегровна з вагою r на проміжку $(0;+\infty)$ і зникає разом зі своєю частинною похідною $\partial g/\partial r$ при $r\to 0$ та при $r\to+\infty$;

Тоді в класі неперервно диференційовних за змінною t і двічі неперервно диференційовних за змінними r, φ, z в області D функцій $u(t,r,\varphi,z)$, що задовольняють умови 1) - 3), параболічна крайова задача (1) - (4) має єдиний обмежений розв'язок, який визначається за формулою (24).

Зазначимо, що при $a_r = a_\varphi = a_z \equiv a > 0$ формула (24) визначає розв'язок параболічної крайової задачі в однорідному ізотропному циліндрично-круговому просторі.

Висновки. Одержано інтегральне зображення точного аналітичного розв'язку періодичної крайової задачі для параболічного диференціального рівняння 2-го порядку в однорідному ортотропному циліндрично-круговому просторі у спеціальному класі функцій обмеженої варіації.

Список використаних джерел:

1. Фридман А. Уравнения с частными производными параболического типа / А. Фридман. - М.: Мир, 1968. – 428 с.
2. Трантер К. Дж. Интегральные преобразования в математической физике / К. Дж. Трантер. - М.: Гостехтеориздат, 1956. – 204 с.
3. Снеддон И. Преобразования Фурье / И. Снеддон. - М.: ИЛ, 1955. - 668 с.
4. Грей Э. Функции Бесселя и их приложения в физике и технике / Э. Грей, Г.Б. Метьюз. - М.: ИЛ, 1949. -386 с.
5. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т.Корн. - М.: Наука, 1971. – 720 с.
6. Градштейн И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.
7. Гельфанд И. М. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. – М. : Физматгиз, 1958. - 247 с.

The method of integral transformation construct exact analytical solution of a boundary value problem for a parabolic equation of order 2 in a homogeneous cylindrical-circular space.

Key words: *parabolic equation, integral transform, the fundamental function, the Cauchy function.*

УДК 373.5.16:53

Турніцький В.О., студент фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Атаманчук П.С.,** доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ЯК НЕОБХІДНИЙ КОМПОНЕНТ ШКІЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ

У статті висвітлено основні положення щодо внесення до програм ШКФ питань про вивчення альтернативних джерел енергії.

Ключові слова: *альтернативні джерела енергії, ШКФ.*

Постановка проблеми. Затрати енергії , із надзвичайно стрімким розвитком техніки в теперішній час, кардинально зростають. А запасів сировини, при сьогоднішніх потребах суспільства, як прогнозують вчені, вистачить всього лише на 70-100 років [1,2]. Шляхом вирішення проблеми можуть бути пошуки нетрадиційних або альтернативних джерел енергії. Проте якщо навіть ми знайдемо невичерпне потужне джерело, яким може бути керована термоядерна реакція, генерація енергії більшої ніж 1% отримуваної від Сонця (1.5 x 10^{24} Дж в рік), призведе до розтанення полярних льодовиків, і як наслідок підвищення рівня Світового океану [4]. Але навіть незважаючи на це, ми ще не скоро навчимося керувати реакцією синтезу, а тепловий ефект таких станцій не менший від відомих ТЕС та АЕС [4,5].

Розв'язання проблеми. Аналізуючи літературні джерела, зауважимо, що енергетична проблема - відноситься до глобальних проблем людства, тому й вирішення даної проблеми ведеться глобальними методами. Держава яка володітиме секретом отримання екологічно-чистої дешевої енергії, бути передовою на світовому рівні, тому дана проблема носить і національний характер. Україна стоїть на шляху пошуку прогресивних інновацій та технологій в системі освіти [3]. Розширення кола знань учнів у питанні альтернативної енергетики, поглиблене ознайомлення їх з різними теоріями і підходами було б однією з таких інновацій.

У сьогоднішніх підручниках на креаційну та інші альтернативні концепції походження енергетики відводиться досить мало змісту. Таким чином, учень, хоча й вивчає різні концепції, але неповноцінно, й тому не здатен їх самостійно порівняти, та осмислити. Методичні аспекти формування світоглядних переконань щодо нетрадиційних і альтернативних джерел енергії сформулюємо у основних положеннях:

- енергія Сонця - як одна із фундаментальних аспектів у формуванні поняття нетрадиційної енергетики, при вивченні світлових явищ у 7 класі;
- енергія вітру і води та механічна робота - невід'ємний аспект при введенні поняття енергії і законів її збереження;
- явище фотоефекту – яскрава демонстрація перетворення Сонячної енергії в електричну та вагома альтернатива у питаннях енергетики;
- електроліз – метод отримання компонентів для реакції синтезу;
- інноваційні технології застосування електромагнітного поля керування термоядерною реакцією і як наслідок вирішення енергетичної проблеми.

Використання методичних аспектів, у вивченні альтернативних джерел енергії посприяє збагаченню дітей, розширенню їх кругозору, вироблятиме навики самостійного опрацювання додаткової літератури[3,5]. Тому ми виділяємо наступні завдання дослідження:

- стимулювати пізнавальний інтерес учнів щодо енергетичної проблеми;
- створити належні умови для формування учнями особистої світоглядної думки, самостійності та критичності мислення;
- розвивати навички ведення наукових дискусій.

Висновки. Таким чином модернізація змісту навчального процесу забезпечить якість знання учнями глобальної проблематики сучасності, та продемонструє значний потенціал у формуванні наукової думки у підростаючої еліти нашого суспільства. Найперспективнішим напрямком продовження дослідження вбачаємо у:

1. Формуванні культури підростаючого покоління в питанні економії енергії;
2. Мотивуванні навчально-пізнавальної діяльності учнів.
3. Активізація пізнавальної діяльності в аспекті пошуку інноваційних технологій та методів отримання енергії.

Список використаних джерел:

1. http://ru.wikwpedia.org.wiki/Институт_электроэнергетики_МЭИ.
2. Ляшенко О. І. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів / Фізика. Астрономія. 7-12 класи. – К. 2006. – С.24-69.
3. Кондрашов А.П. Справочник необходимых знаний. – М. 2001. –С.123-125.
4. Сивинцев Ю.В. Ядерная енергетика / Знання . – М. 1980. – С. 38-45.
5. Шицькова А.П., Новиков Ю.В. Гармонія чи трагедія" Серія: Людина і навколишнє середовище /Наука. -М. 1982. – С. 24-36.

In the article substantive provisions are reflected in relation to bringing in the programs of school physic of questions about the study of alternative energy sources.

***Key words**: alternative energy sources, school physic.*

УДК 372.142.2

Федоров А.М., студент 4 курсу фізико-математичного факультету

Науковий керівник – **Мендерецький В.В.**, доктор педагогічних наук, професор

ОСОБИСТІСНО ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

У статті розглянуті переваги застосування особистісно орієнтованого підходу для цілеспрямованого формування практичних умінь учнів на уроках фізики.

Ключові слова: *науково-технічний прогрес, міжпредметні зв'язки, фізична задач, природничі науки, творчий процес, цілеспрямована діяльність.*

Теорія особистісно орієнтованого навчання має давню історію і вона виникла не спонтанно, а базується на ідеях гуманістичної педагогіки, вільного виховання, педагогіці співробітництва, розвивального навчання, педагогіці особистості та ін. Виходячи із суті особистісно орієнтованого навчання, потрібно підкреслити, що основною фігурою навчального процесу є учень, діяльність якого коректно і вміло спрямовує вчитель, використовуючи навчальні програми глибокого наукового змісту [2].

Наразі, в умовах науково-технічного прогресу при різкому зростанні всебічної технічної інформації в галузях цифрових технологій (комп'ютерній, супутникового та мобільного зв'язку, радіоелектронній та ін.), машинобудуванні, транспорті тощо вивчення фізики потребує від школярів не лише розвинутого фізичного мислення, але й уміння працювати з різноманітними приладами, читання принципових схем, досконалого володіння математичним апаратом.

Суттєву роль в покращенні засвоєння конкретного теоретичного матеріалу відіграє зацікавленість школяра в необхідності його вивчення [3]. Так, при вивченні теми "Електричний струм" методично виправданим виявилось акцентування уваги учнів на тому, що основним джерелом споживаної людством енергії є саме електрична. Це пояснюється суттєвими її перевагами: електроенергія значно ефективніше перетворюється на механічну, теплову, світлову, електромагнітну й ін. Електричні машини мають високий ККД, малошумні, без шкідливих викидів у атмосферу;

електроенергія ефективно передається на значні відстані, тощо.

Нам вдалось вдало провести урок у 9 класі, де вивчалась тема “Робота і потужність електричного струму”. Після пояснення теоретичного матеріалу учні відповідно особистим здібностям отримали завдання на закріплення поданого на уроці матеріалу та конкретні домашні завдання.

Заздалегідь клас був нами поділений на три групи: перша – з порівняно низьким рівнем активності, друга – з середнім і третя – з високою активністю. Першій групі було запропоновано:

1. Перелічити і записати в зошит домашні пристрої, що споживають електроенергію.

2. Записати формули, за якими визначають потужність та роботу електричного струму.

3. Вирахувати кількість гривень, які необхідно сплатити за спожиті 10 кВт·годин при відомому тарифі;

4. Вдома переписати в зошит паспортні дані лічильника електроенергії.

Друга група отримала наступні завдання:

1. Що підраховує електролічильник: потужність чи роботу?

2. Яку кількість грошей необхідно сплатити при відомому тарифі, якщо протягом місяця електролампочка потужністю 100 Вт працювала 150 годин, холодильник потужністю 450 Вт працював 300 годин, пральна машина потужністю 600 Вт працювала 10 годин?

3. Підрахувати, скільки електроенергії фактично було спожито у квартирі учня за минулу добу.

Третя група працювала над вирішенням таких проблем:

1. За заданим графіком залежності струму від напруги визначити опір споживача, його потужність та витрату електроенергії за 20 годин.

2. Визначити опори трьох різних виданих учням електроламп (25 Вт, 40 Вт, 60 Вт) у робочому стані.

3. Вдома при допомозі лічильника електроенергії визначити потужність квартирного холодильника (мається на увазі, що учень зрозуміє необхідність

поглянути на паспортні дані лічильника, де написано, наприклад, що 1250 обертів диска відповідає 1 кВт·годині спожитої електроенергії, а далі, почувши вмикання холодильника, він здогадається вимкнути решту споживачів і підрахувати кількість обертів диска за певний проміжок часу).

В резерві маємо ряд додаткових завдань:

1. Яку потужність споживає стартер легкового автомобіля при запуску двигуна, якщо струм, що споживається стартером, дорівнює 200 А? (Мається на увазі, що учні здогадаються узнати напругу автомобільного акумулятора.

2. Який струм споживає настінний електрогодинник, який протягом року працює на одному гальванічному елементі, на якому написано: 1.5 В, 0.5 А·годин?

Таким чином, учні заохочуються до самостійного отримання знань. Враховуючи особистісні здібності, ми коректуємо групові завдання. Це приводить до зменшення градацій між групами в напрямі покращення якості засвоєння матеріалу.

На нашу думку, освітню діяльність необхідно спрямувати на те, щоб школяр міг реалізувати себе як індивід, здійснити корисний внесок у розвиток суспільства в якості його члена, навчався самостійно проводити дослідження, логічно мислити, мав змогу стати повноцінним і освіченим учасником життя країни [4].

Список використаних джерел:

1. Атаманчук П.С., Криськов А.А., Мендерецький В.В. Збірник задач з фізики / Під ред. П.С.Атаманчука. – К.: Школяр, 1996. – 304 с.
2. Державний стандарт базової і повної середньої освіти //Освіта України. – 2004. – №5 . – 20 січня 2004 р. – С. 9–10.
3. Мендерецький В.В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики: Монографія. – Кам’янець-Подільський: К-ПДУ, ред.-вид. від., 2006. – 256 с. – Бібліогр.: с. 232-255..
4. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного експерименту: Навч. посіб. / П.С.Атаманчук, О.І.Ляшенко, В.В.Мендерецький, А.М.Кух. – Кам’янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. – 216 с.

In the articles considered of advantage of application of the personality oriented approach for the purposeful forming of practical abilities of students on the lessons of physics.

Key words: *scientific and technical progress, intersubject copulas, physical tasks, natural sciences, creative process, purposeful activity.*

УДК 372

Чугаєв В.М., магістрант психологічного факультету

Науковий керівник – **Атаманчук П.С.,** доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі

МЕТОД ПРОЕКТІВ — ІНТЕРАКТИВНА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ В СУЧАСНОМУ ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Розглянуто питання щодо методу проектів , як однією із інтерактивних методик навчання в сучасному освітньому процесі на прикладі використання сонячної енергії.

Ключові слова: *метод проектів, інтерактивне навчання, сонячна енергія, проектна діяльність.*

Зараз система освіти разом із суспільством переживає зміну системи цінностей і стилю життя всіх соціальних груп. Відсутнє не тільки соціальне замовлення на відповідний тип освіти, але й найбільш загальне уявлення про напрям його розвитку. Проте освітній процес, на відміну від виробничого, неможливо зупинити. А тому школа, навіть в умовах кризи, працює, перебудовується на ходу, не зупиняючи пошук нових форм організації навчальної діяльності, освітніх моделей [2. с.8 - 21].

Сьогодення все наполегливіше вимагає пошуку таких форм та методів навчання і виховання, впровадження яких сприяло б активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів, підвищувало б ефективність набуття учнями нових знань, вмінь, розвивало б творчу активність, допомогти учням відчувати себе впевненими на ринку праці, вміти адаптуватися до соціальних змін і криз у суспільстві, бути психологічно стійкими, розвивати здатність до самоорганізації, а також навички колективно злагоджених дій. Сьогодні всім відомий є факт, що учень нашої країни є більш освіченим, ніж його американський одноліток, але практично не готовий до життя у мінливому світі [3. с. 13 - 15].

Ідея включення проектної діяльності в освітній процес була запропонована американським педагогом і філософом Джоном Дьюї більше століття тому. Вперше у вітчизняній педагогіці актуальність цієї проблеми вивчав О. Макаренко, який в результаті своєї новаторської педагогічної діяльності дійшов висновку про проектування особистості як суб'єкта педагогічної праці. Таку думку не раз висловлював В. Сухомлинський, багатогранну педагогічну спадщину якого проймає ідея проектування людини. Визначення суті проектування як педагогічного явища є досить складним, бо надзвичайно складними і багатоцінними є система проектування і сам педагогічний процес.

У сучасних умовах модернізації освітньої системи, що визначені в Національній доктрині розвитку освіти, передбачено впровадження особистісно зорієнтованого підходу до навчання. Найбільш поширеним із педагогічних технологій став метод проектів [1. с. 136].

Проектування - особливий тип інтелектуальної діяльності, відмінною особливістю якої є перспективна орієнтація, практично спрямоване дослідження.

Метод проектів - педагогічна технологія, зорієнтована не на інтеграцію фактичних знань, а на їх застосування і набуття нових. Активне включення учнів у зміст тих або інших проектів дає можливість засвоїти нові способи людської діяльності в соціокультурному середовищі [2. с. 8].

Сьогодні метод проектів вважається однією із інтерактивних методик навчання в сучасному освітньому процесі та відноситься до перспективних видів навчання, яка має конкретну передбачувану мету — створити комфортні умови навчання, за яких кожен учень відчуває свою успішність, інтелектуальну спроможність, тому що створюються умови для творчої самореалізації учнів, підвищується мотивація для отримання знань. Учні набувають досвіду вирішення реальних проблем з огляду на майбутнє самостійне життя, які проектують у навчанні [6. с. 52].

Необхідність застосування цієї методики зумовлена тим, що сьогоднішня освіта є сучасником процесу зародження нового світового простору. Ті, хто розпочав застосування цієї методики, вважають її однією із складових освітньої політики майбутнього, тому що передбачає глобальну освіту особистості й глибоке педагогічне оновлення.

Великою перевагою інтерактивної проектної методики є вміння, які набувають учні, а саме:

- планувати свою роботу та використовувати багато джерел інформації;
- самостійно збирати та накопичувати матеріал;
- аналізувати, співставляти факти, аргументувати свою думку та приймати рішення;
- установлювати соціальні контакти та створювати "кінцевий продукт" (доповідь, реферат, фільм, календар, журнал, проспект, сценарій);
- представляти створене перед аудиторією та оцінювати себе й інших.

Інтерактивна проектна діяльність передбачає роботу в колективі. Великий інформаційний і технологічний обсяг багатьох проектів примушує учнів об'єднуватися у групи. Така ситуація сприяє становленню, формує соціалізовану особистість, працюючи у команді діти вчаться взаємодіяти один з одним, вирішувати можливі конфлікти, набувати навичок етичного міжособистісного спілкування, брати відповідальність за вибір рішення, аналізувати результати діяльності, проводити атестацію у формі захисту проектів [5. с. 192].

При інтерактивному навчанні в освітньому процесі змінюються наголоси на позиції учня і учителя. Вчитель виступає в ролі організатора, лідера групи учнів, де і учень і вчитель є рівноправними, рівнозначними суб’єктами навчання, розуміють, що вони роблять, рефлектують з приводу того, що вони знають, вміють і здійснюють.

Аналіз впровадження технології у навчальний процес низки країн світу свідчить, що інтерактивна проектна діяльність стає домінуючою.

Одним з використання інтерактивних методик на практиці за допомогою проектування є енергозбереження. А одним з видів енергозбереження розглядається використання сонячної енергії.

В останній час інтерес до проблеми використання сонячної енергії різко збільшився. Сонячна ж енергія не має собі рівних за екологічністю і ресурсною базою [4].

Переваги використання сонячної енергії: екологічна чистота, надійність та можливість довготривалої експлуатації, безпека (наявність автоматичного захисту від короткого замикання, перегріву, перевантажень приладів; перерозряджування акумуляторів), простота монтування та розбирання, безшумність при роботі, стійкість до впливу природних факторів, зниження вартості відносно традиційних методів одержання електроенергії — усе це сильні сторони сонячної енергетики [4; 7].

На сьогоднішній день виникає одна проблема, яку необхідно вирішувати. Викликати чистий інтерес учнів до проблем сучасного енергозбереження зокрема використання енергії сонця, як екологічно чистої енергії та знаходження шляхів вирішення так як це підростаюче покоління, яке має чітко усвідомлювати всю відповідальність за подальшу діяльність всього суспільства.

Список використаних джерел:

1. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності. - Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 1997.
2. Омельчук Р. Метод проектів у контексті сучасної освіти. Шкільний світ, 2007. - N 42. Рубрики: Метод проектів.
3. Омельчук Р. Проектні технології у роботі з обдарованими дітьми. Шкільний світ, 2007. - N 42 Рубрики: Метод проектів
4. Пахолюк З. Сонячна енергетика і сонячні батареї (сайт – www.PROELECTRO.info).
5. Пометун О.І. та ін. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: Наук.–метод. Посіб. / О.І. Пометун, Л.В. Пироженко. За ред. О.І. Пометун. — К: Видавництво А.С.К., 2004.
6. Сиротенко Г.О. Сучасний урок: інтерактивні технології навчання. – Харків: ВГ «Основа», 2003.
7. Солнечная энергия (сайт – www.energy–bio.ru).

A question is considered in relation to the method of projects, as one of interactive methods of studies in a modern educational process on the example of the use of sun energy.

***Key words**: method of projects, interactive studies, sun energy, project activity.*

ЗБІРНИК

МАТЕРІАЛІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТУДЕНТІВ ТА МАГІСТРАНТІВ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ імені Івана Огієнка

Фізико-математичні науки
Випуск 6

Здано в набір 29.09.2009. Підписано до друку 01.10.2009.
Формат 60х84/16. Гарнітура Times. Обл. вид. арк. 4,075.
Папір офсетний. Тираж 100 прим.

32300, Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський,
вул. Івана Огієнка, 61; тел. (03849) 3-06-01
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
від 12.12.2008 р. серія КВ № 14705- 3676 ПР

.