ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ФАКУЛЬТЕТІ

«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ ИНТЕГРАЦИЯСЫ»

Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары

«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ФИЗИКЕ:ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»

Материалы международной научной конференции

«MODERN TRENDS IN PHYSICS: INTEGRATION OF SCIENCE AND EDUCATION»

Materials of the international scientific conference

Астана, 2024 ж

ОӘЖ 53.(075)
Н90

Ә43 Физикадағы заманауи тенденциялар: ғылым мен білім интеграциясы: Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары (2024 жылдың 23 ақпаны, Астана, Қазақстан). – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ баспасы, 2024. – 555 б.

ISBN 978-601-337-957-9

«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ ИНТЕГРАЦИЯСЫ» атты Халықаралық ғылыми-теориялық конференция материалдар жинағына кәсіптік-техникалық білім беруді жетілдіруде «Космологияның қазіргі мәселелері», «Техниканың дамуындағы физиканың рөлі», «Ядролық физика, жаңа материалдар мен технологиялар», «Радиоэлектроника мен телекоммуникацияның қазіргі даму тенденциялары», «Ғарыштық техника мен технологияларды дамытудың озық бағыттары», жоғары оқу орындарындағы кәсіби педагогика проблемалары «Университетте физика және астрономия білімінің даму тенденциялары», «Орта мектепте физиканы оқытудың тиімді педагогикалық технологиялары», «Жаратылыстану пәндері бойынша мұғалімдерді даярлау жүйесіндегі инновациялар», «Қазіргі ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» және оларды шешу әдістері мен жолдары қарастырылған мақалалар жарияланған.

ОӘЖ53.(075)

КБЖ 22.3я73

ISBN 978-601-337-957-9

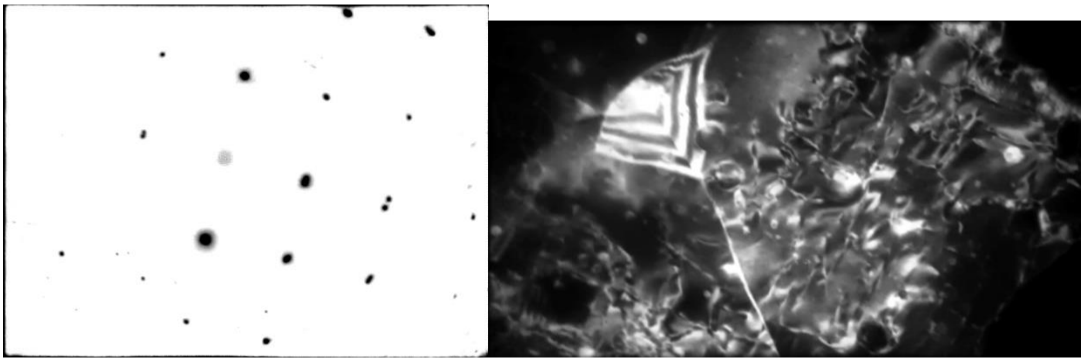

Рисунок 11 Дифракционные картины:

1- картина слева от области стыка двух монокристаллов, сформированная в фокальной плоскости электронного микроскопа как результат интерференции параллельных друг другу волн;
2- справа - от двух граничащих монокристаллов металлической пленки хрома, сформированная в предметной плоскости объективной линзы электронного микроскопа, здесь в клиновидной области пленки видны полосы равной толщины.

Вывод исследования. Эта работа посвящена литературному обзору и наблюдениям различного типа дифракционных картин. Работа была выполнена с помощью экспериментальных наблюдений в просвечивающей электронной микроскопии металлической пленки хрома, протравленной кислотой. На клиновидном участке двух соседних монокристаллических зерен наблюдали 2 вида дифракции- толщины контура, подобные кольцам Ньютона и дифракцию от соседних монокристаллов, сформированную в фокальной плоскости линзы электронного микроскопа.

Литература

1 Х. Бенкен и др. Определение крутых градиентов напряжений методом рентгеновской дифракции по результатам совместного исследования
2 https://en.wikipedia.org/wiki/Microcrystal_electron_diffraction
3 https://ftfsite.ru/wp-content/files/ProsvecEM.pdf
4 Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ. - М.: Наука, 1980, 256 с.
5 Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа. 1976. 392
6 Васильев Д.М. Физическая кристаллография. М.: Металлургия 1981. 248 с.
7 М. Марцишко *и др.*

Г. С. Тұрғанбай[1], Н.С. Серикбаев[1]
[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Қазақстан

ШРЕДИНГЕР ТИПТІ ИНТЕГРАЛДАНАТЫН СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ТЕҢДЕУІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАБУ СОЛИТОНДЫҚ ШЕШІМДЕР

Аңдатпа: Сызықтық емес жүйелердің есептерін шешу үшін интегралданатын және интеграцияланбайтын жүйелерде маңызды рөл атқаратын симметрия теориясы енгізіледі. Симметрия теориясы мазмұнның кең ауқымын қамтиды. Локальді емес симметрия әдісі- олардың қасиеттері мен шешімдерін зерттеу үшін қолайлы симметрияны таңдау арқылы локальді теңдеулер мен оларға сәйкес келетін жергілікті емес теңдеулер арасында байланыс орнату. Төртінші ретті Шредингер теңдеуінің локальді емес түрін алу және зерттеу қарастырылған.

Кілт сөздер: Шредингерр теңдеуі, локальді және локальді емес теңдеулер, солитондық шешімдер.

Ұзақ уақыт бойы сызықтық емес жүйелердің өзара әрекеттесуінің шешімдерін табу қиын болды. Сызықтық емес жүйелердің есептерін шешу үшін интегралданатын және интеграцияланбайтын жүйелерде маңызды рөл атқаратын симметрия теориясы енгізіледі. Симметрия теориясы мазмұнның кең ауқымын қамтиды. Кейбір зерттеулер локальді емес симметрия әдісі сызықтық емес жүйелерді шешудің оңтайлы құралдарының бірі екенін көрсетті [1]. Локальді емес симметрия әдісі-олардың қасиеттері мен шешімдерін зерттеу үшін қолайлы симметрияны таңдау арқылы локальді теңдеулер мен оларға сәйкес келетін жергілікті емес теңдеулер арасында байланыс орнату. Симметрия формалары әртүрлі болғандықтан, осы локальді және локальді емес теңдеулер арасында уақыт пен кеңістік қатынастарында үлкен айырмашылықтар бар. Сондықтан жаңа физикалық құбылыстар пайда болуы мүмкін және жаңа физикалық қосымшалар жасалуы мүмкін. Солитон теңдеулерінің көптеген ерекше қасиеттері бар екені белгілі, олардың ішіндегі ең маңыздысы-олардың барлығын төменде көрсетілгендей сызықтық есептер жұбын біріктіру шарттарымен ұсынуға болады [2].

Төртінші ретті Шредингердің интегралданатын сызықтық емес теңдеуі зерттелді:

$$iq_t = -q_{xx} - 2q^2q^* - \gamma[q_{xxxx} + 8|q|^2q_{xx} + 2q^2q_{xx}^* + 4q|q_x|^2 + 6q^*q_x^2 + 6|q|^4q]. \quad (1.1)$$

$$ir_t = -\text{к}_{xx} - 2r^2q - \gamma[r_{xxxx} + 8|r|^2r_{xx} + 2r^2q_{xx}^* + 4r|r_x|^2 + 6qr_x^2 + 6|r|^4r] \quad (1.2)$$

Бұл теңдеу үшін Лакс жұбы формасы бар:

$$\Phi_x = U\Phi, \quad (1.3)$$

$$\Phi_t = V\Phi, \quad (1.4)$$

мұндағы,

$$U = -i\lambda\sigma_3 + M,$$

$$V = [3i\gamma|q|^4 + i|q|^2 + i\gamma(q^*q_{xx} + qq_{xx}^* - |q_x|^2) + 8i\gamma\lambda^4 + 2\lambda\gamma(qq_x^* - q_xq^*) - 2i\lambda^2(2\gamma|q|^2 + 1)]\sigma_3 - 8\gamma\lambda^3M - 4i\gamma\lambda^2\sigma_3M_x + 6i\gamma M^2M_x\sigma_3 + i\sigma_3M_x + i\gamma\sigma_3M_{xxx} + 2\lambda(M + \gamma M_{xx} - 2\gamma M^3),$$

Мұнда, $M = \begin{pmatrix} 0 & q \\ -q^* & 0 \end{pmatrix}$, $\sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ – Паули матрицалары.

Өздеріңіз білетіндей үйлесімділіктің шарты:

$$U_x - V_t + [U, V]. \quad (1.5)$$

Бұл (1.3) және (1.4) теңдеулердің үйлесімділік шартын білдіреді, яғни, $\Phi_{xt} = \Phi_{tx}$, теңдеуді қанағаттандыру керек (1.1). Берілген теңдеу (1.5) Ли тобының құрылымдық теңдеуі немесе нөлдік қисықтық шарты теңдеуі деп аталады. Жақында жаңа жергілікті емес теңдеулер сериясы жарияланды және зерттелді.

Локальді емес теңдеулердің ең тән түрі PT симметриялы теңдеулер. PT симметриясы бар теңдеу теңдеудің PT операторының бірлескен әрекетіне қатысты инвариантты екенін білдіреді. Абловиц пен Муслимани 2013 жылы алғашқы PT симметриялы теңдеуін ұсынды [3].

Олар r(x, t) = q(−x, t)* қатынасын таңдап, содан кейін PT-симметриялы сызықтық емес Шредингер теңдеуін алды. Әрі қарай төртінші ретті локальді емес Шредингер теңдеуі қарастырылады. Ол үшін PT симметриясына келесі түрлендіру енгізіледі:

$$r(x,t) = \sigma q^*(-x,t) = \sigma E^*(-x,,t). \quad (2.1)$$

Осы түрлендіруге сәйкес жоғарыдағы төртінші ретті Шредингер теңдеуін жазайық

$$iE_t = -E_{xx} - 2E^2E^* - \gamma[E_{xxxx} + 8|E|^2E_{xx} + 2E^2E_{xx}^* + 4E|E_x|^2 + 6E^*E_x^2 + 6|E|^4E]. \quad (2.2)$$

$$i\sigma E_t^*(x,t) = -\sigma E_{xx}^*(x,t) - 2\sigma E^2E^* - \gamma[\sigma E_{xxxx}^*(x,t) + 8\sigma^2 EE^*E_{xx}^*(x,t) + 2\sigma E^2 E_{xx}(x,t) + 4\sigma EE_x^*(x,t)E_x(x,t) + 6\sigma E^*E_x^{*2}(x,t) + 6\sigma^2|E|^4E] \qquad (2.3)$$

Осы теңдеуден түйіндесін табамыз

$$iE_t^*(-x,t) = -E_{xx}^*(-x,t) - 2E^2E^* - \gamma[E_{xxxx}^*(-x,t) + 8EE^*E_{xx}^*(-x,t) + 2E^2E_{xx}(-x,t) + 4EE_x^*(-x,t)E_x(-x,t) + 6E^*E_x^{*2}(-x,t) + 6|E|^4E]. \qquad (2.4)$$

PT симметриясы үшін түрлендіру енгізіледі

$$iE_t = -E_{xx} - 2E^2E^* + \gamma[E_{xxxx} + 8EE^*E_{xx} + 2E^2E_{xx}^* + 4EE_x^*(-x,t)E_x(-x,t) + 6E^*E_x^2 + 6E^2E^{*2}E]. \quad (2.5)$$

$$i\sigma E_t^*(x,t) = -\sigma E_{xx}^*(x,t) - 2\sigma E^2E^* + \gamma[\sigma E_{xxxx}^*(x,t) + 8\sigma^2 EE^*E_{xx}^*(x,t) + 2\sigma E^2E_{xx}(x,t) + 4\sigma EE_x^*(x,t)E_x(x,t) + 6\sigma E^*E_x^{*2}(x,t) + 6\sigma^2|E|^4E] \ (2.6)$$

Осы түрлендіру арқылы біз төртінші ретті Шредингер теңдеуінің локальді емес түрін алдық және оның - γ= γ екенін көрдік.

Төртінші ретті Шредингер теңдеуі үшін лакс жұбын түрлендіру арқылы, лакса жұбын қайта жазайық:

$$\Phi_x = U\Phi, \qquad (2.7)$$
$$\Phi_t = V\Phi, \qquad (2.8)$$

мұндағы,

$$U = -i\lambda\sigma_3 + M,$$
$$V = [-3i\gamma|q|^4 + i|q|^2 - i\gamma(q^*q_{xx} + qq_{xx}^* - |q_x|^2) - 8i\gamma\lambda^4 - 2\lambda\gamma(qq_x^* - q_xq^*) + 2i\lambda^2(2\gamma|q|^2+1)]\sigma_3 + 8\gamma\lambda^3M + 4i\gamma\lambda^2\sigma_3M_x - 6i\gamma M^2M_x\sigma_3 + i\sigma_3M_x - i\gamma\sigma_3M_{xxx} + 2\lambda(M + \gamma M_{xx} + 2\gamma M^3).$$

Әрі қарай, біз Дарбу түрлендіруді қолданамыз және бұл әдіс сызықтық емес дифференциалдық теңдеулердің нақты шешімдерін табудың кешенді тәсілі болып саналады және Дарбу түрлендіруі дәл шешіммен теңдеулер құрудың тиімді әдісі болып табылады.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің қолдауымен жүзеге асырылды. Грант AP19675202.

Әдебиеттер

1 G. W. Bluman, A. F. Cheviakov and S. C. Anco. Applications of symmetry methods to partial differential equations. Appl. Math. Sci., 2010, 168: 1-415.
2 A. M. Vinogradov and I. S. Krasilshchik. A method for computing higher symmetries of nonlinear evolutionary equations and nonlocal symmetries. Dokl. Akad. Nauk, 1980, 253: 1289-1293.
3 B. Yang and J. K. Yang. Transformations between nonlocal and local integrable equations. Stud. Appl. Math., 2018, 140: 178-201.