3. Маделунг О. Физика полупроводниковых соединений элементов III и V групп / О. Маделунг. – М. : Мир, 1967. – 368 с.
4. Трохимчук П. П. Радіаційна фізика твердого тіла : курс лекцій / П. П. Трохимчук. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. − 394 с.
5. Trokhimchuck P. P. Foundations of Relaxed Optics / P. P. Trokhimchuck. – Lutsk : Vezha, 2011. – 627 p.
6. Trokhimchuck P. P. Nonlinear and Relaxed Optical Processes. Problems of interactions / P. P. Trokhimchuck. – Lutsk: Vezha–Print, 2013. – 280 p.

Трохимчук Петр, Петрович Диана, Березюк Геннадий, Пеньковський Михаил. Моделирование процессов релаксационной оптики в арсениде индия. Приведены результаты моделирования эффектов релаксационной оптики в арсениде индия на примере взаимодействия импульсного излучения рубинового лазера с арсенидом индия. Для моделирования были выбраны дводифузионная модель и физико-химическая модель каскадного возбуждения соответствующего типа химических связей в режиме насыщения возбуждения. Моделирование проводилось для профилей распределения лазерно-генерированных донорных центров полученных измерением эффекта Холла в сочетании с послойным стравливанием и спектров обратного резерфордовского рассеяния протонов с энергией 500 кэВ. Получено хорошее совпадение с экспериментальными результатами. Также обсуждаются вопросы о физико-химических аспектах интерференционных явлений. Наводятся оценки порога возникновения интерференнционных процессов при лазерном облучении.

Ключевые слова: релаксационная оптика, арсенид индия, дводифузионная модель, физико-химическая модель каскадного возбуждения, интерференционные явления, вольт-амперные характеристики, лазерное легирование.

Trokhimchuck Petro, Petrovych Diana, Berezyuk Gennadiy, Pen'kovskiy Mychaylo. Modeling of Processes of Relaxed Optics in Indium Arsenide. Results of modeling of effects of relaxed optics on example of pulse Ruby-laser radiation with indium arsenide are represented. Two-diffusive model and physical-chemical model of cascade excitation of proper chemical bonds in regime of saturation of excitation were used. Questions of physical-chemical aspects of interference phenomena are discussed too. Modeling was realized for profiles of distribution of laser generated donor centers with help of measurement Hall effect with layerwise bleeding of irradiated layers and method of Rutherford backscatterind spectra of protons with energy 500 keV. Questions of physical-chemical aspects of interference phenomena are discussed too. Estimations of threshold of initiation of interference phenomena for laser irradiatin are represented too.

Key words: relaxed optics, indium arsenide, two-diffusive model, physical-chemical model of cascade excitation, interference phenomena, volt-ampere characteristics, laser implantation.

Стаття надійшла до редколегії
26.06.2014 р.

УДК 544.18

Володимир Хоровець

Квантова геометродинаміка й однорідність простору-часу. Однорідно стаціонарний спіновий Всесвіт

Сформульовано принципи побудови квантової геометродинаміки. Показано, що простір-час, якщо немає матерії, має бути однорідним. Обертання Всесвіту з планківською частотою дає можливість ввести в 4-вимірну ріманову геометрію сталу Планка. Запропоновано рівняння квантової геометродинаміки.

Ключові слова: єдина фізична теорія, квантова геометродинаміка, однорідність простору-часу, однорідно-стаціонарний спіновий Всесвіт, рівняння квантової геометродинаміки.

Постановка наукової проблеми та її значення. Аналіз досліджень цієї проблеми. Єдина фізична теорія (ЄФТ) – це майбутня теорія, яка має об'єднати два розгалуження теоретичної фізики, витоки яких сягають загальної теорії відносності (ЗТВ) А. Ейнштейна (1916 р.) і квантової механіки (20-ті рр. ХХ ст.). Математичний апарат ЗТВ − це 4-вимірна ріманова геометрія [8], яка є своєрідною ареною цієї теорії.

У межах класичного підходу до побудови ЄФТ, який заснований на ЗТВ, більшість фізиків узагальнили геометрію (збільшили її розмірність, вихід за межі ріманової геометрії). Так, одним із перших варіантів ЄФТ була теорія Г. Вейля [1], у якій, щоб об'єднати гравітаційне й електромагнітне поля, відмовляються від ріманової геометрії, але не від її розмірності. У теорії Т. Калуци [4] вдалося формально об'єднати ЗТВ й електродинаміку Дж. Максвела через введення п'ятого виміру. В теорії О. Клейна [14] здійснено спробу об'єднати гравітацію, електромагнетизм і квантову механіку, увівши в 5-вимірну теорію Калуци циклічну координату. Ці та багато інших варіантів виходять за межі 4-вимірної ріманової геометрії і не досягли побудови ЄФТ.

Зауважимо, що час від часу з'являються варіанти ЄФТ не тільки у межах класичного підходу, але і такі, що не виходять за межі 4-вимірної ріманової геометрії. Так, 1924 р. Г. Райніч [15; 16] вивів рівняння, у яких фізичний тензор (тензор електромагнітного поля) виводиться з геометричних об'єктів. А 1957 р. Ч. Мізнер, Дж. Уілер [7; 11; 12] одержали аналогічні рівняння і запропонували свій варіант ЄФТ.

Мета роботи – запропонувати варіант ЄФТ у межах класичного підходу і в межах 4-вимірної ріманової геометрії (квантову геометродинаміку), який будується на основі однорідного простору-часу.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження

Принципи побудови квантової геометродинаміки

А. Згідно з *ідеєю геометродинаміки* [7; 11], фізика має виводитися з 4-вимірної ріманової геометрії. Відповідно, елементарні частинки повинні бути своєрідним «викривленням», або «відхиленням від навколишньої геометрії» простору-часу, тобто властивості елементарних частинок мають випливати із властивостей простору-часу, в якому «знаходяться» частинки.

Б. Маса спокою, спін, електричний заряд елементарних частинок однакові, як на Землі, так і на далекій відстані від неї. Аналогічно, ці величини не змінюються упродовж тривалого часу; вони є фундаментальними фізичними сталими. Це твердження випливає, наприклад, зі спостережень за спектрами випромінювання і поглинання світла далеких зірок і туманностей. Зараз це твердження, як правило, не викликає заперечень і є *основним постулатом фізики.*

В. З ідеї геометродинаміки та основного постулату фізики випливає твердження: існують деякі геометричні характеристики 4-вимірної ріманової геометрії, сталі для будь-якої точки простору-часу. Ці характеристики назвемо α-характеристиками, або *фундаментальними метричними сталими.* Інші ж характеристики простору-часу, які змінюються, назвемо β-характеристиками. Фундаментальні метричні сталі й фундаментальні фізичні сталі зв'язані між собою.

Г. Уявімо такий абстрактний простір-час, у якому немає матерії (речовина і поле). Будемо вважати, що такий простір-час матиме лише α-характеристики, тобто фундаментальні метричні сталі. Тоді при переході від довільної точки до будь-якої іншої властивості простору-часу не змінюються. А це, по-суті, є означенням однорідності простору-часу. Отже, *простір-час, у якому немає матерії, однорідний.*

Ґ. Будемо вважати, що при наявності в просторі-часі матерії виникають неоднорідності континууму, тобто появляються β-характеристики. При переході від однієї точки простору-часу до іншої β-характеристики змінюються. Але і тоді α-характеристики простору-часу залишаються сталими.

Д. Фундаментальні метричні сталі повинні бути компонентами деякого тензора ріманової геометрії. Цей тензор буде сталим лише для деяких систем відліку [2; 3]. Такі системи назвемо *фундаментальними системами відліку* (ФСВ). У просторі-часі поряд із ФСВ існують і такі системи відліку, в яких компоненти згаданого вище тензора не будуть сталими.

Е. Майбутня ЄФТ повинна бути квантовою теорією і включати в себе сталу Планка. Ця стала має бути зв'язана з фундаментальними метричними сталими.

Є. Яку кількість фундаментальних метричних сталих має просторово-часовий континуум? Якщо припустити, що однорідний простір-час взагалі не має сталих (простір-час Мінковського), то в такому Всесвіті не можна сподіватись одержати розв'язки для елементарних частинок з дискретними масами, спінами, зарядами… Аналогічно, явно недостатньо однієї метричної сталої, щоб одержати весь спектр елементарних частинок з їхніми фізичними сталими. Отже, просторово-часовий континуум повинен мати достатню кількість (явно більшу за дві) фундаментальних метричних сталих.

Майбутню ЄФТ, для якої справедливі пункти А–Є автор пропонує назвати *квантовою геометродинамікою* (КГД). Зауважимо, що терміни «геометродинаміка» і «квантова геометродинаміка» в розумінні автора цієї роботи мають інший зміст ніж той, який у нього вкладали автори цих термінів Мізнер та Вілер.

Приклади однорідних просторово-часових континуумів. Найпростішим однорідним простором-часом є Всесвіт Мінковського з метрикою:

$$ds^2 = (dx^0)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2, \tag{1}$$

де $x^0 = ct$ і c – швидкість світла у вакуумі.

Дещо складнішими є дві моделі Всесвіту В. де Сіттера. Метрика моделі з додатною скалярною кривиною в координатах Леметра–Робертсона [10, с. 354] має вигляд:

$$ds^2 = \left(dx^0\right)^2 - e^{2Kx^0}\left(dx^2 + dy^2 + dz^2\right). \tag{2}$$

Цей простір-час має одну сталу K; він однорідний та ізотропний (при просторових поворотах метрика не змінює форму).

У метриці (2) перейдемо до нових координат x^0, x^1, x^2, x^3, а саме:

$$x^0 = x^0,\ x^1 = e^{Kx^0}x,\quad x^2 = e^{Kx^0}y,\quad x^3 = e^{Kx^0}z.$$

Тоді метрика Всесвіту де Сіттера набуде вигляду:

$$ds^2 = (1 + K^2\eta_{\alpha\beta}x^\alpha x^\beta)(dx^0)^2 - 2K\eta_{\alpha\beta}x^\alpha dx^\beta dx^0 + \eta_{\alpha\beta}dx^\alpha dx^\beta, \tag{3}$$

де координатні індекси $\alpha, \beta,\ldots = 1, 2, 3$ і $\eta_{\alpha\beta} = -\delta_{\alpha\beta}$ – просторова частина матриці Мінковського:

$$\eta_{\alpha\beta} = \mathrm{diag}(1, -1, -1, -1).$$

Зробимо таке узагальнення: в метриці (3) матрицю $K\delta_\alpha^\beta$ замінимо на матрицю:

$$K_\alpha^\beta = \mathrm{diag}\left(K_1, K_2, K_3\right),$$

де K_1, K_2, K_3 – додатні сталі. Тоді узагальнена метрика:

$$ds^2 = (1 + k_\alpha k^\alpha)(dx^0)^2 - 2k_\alpha dx^\alpha dx^0 + \eta_{\alpha\beta}dx^\alpha dx^\beta, \tag{4}$$

де $k^\alpha := K_\beta^\alpha x^\beta$. Усесвіт з метрикою (4) в різних напрямках розширюється з різними швидкостями, тобто є анізотропним.

Зробимо ще одне узагальнення. До симетричної матриці $K_{\alpha\beta}$ додамо антисиметричну матрицю $Z_{\alpha\beta}$. Тоді:

$$ds^2 = (1 + \mu_\alpha\mu^\alpha)(dx^0)^2 - 2\mu_\alpha dx^\alpha dx^0 + \eta_{\alpha\beta}dx^\alpha dx^\beta, \tag{5}$$

де $\mu^\alpha := x^\beta M_\beta^\alpha$, $M_{\alpha\beta} := K_{\alpha\beta} + Z_{\alpha\beta}$ і $K_{\alpha\beta} = K_{\beta\alpha} = \mathrm{const}$, $Z_{\alpha\beta} = -Z_{\beta\alpha} = \mathrm{const}$.

Цей Усесвіт має шість сталих K_1, K_2, K_3, Z_{12}, Z_{23}, Z_{31}.

Переконаємося, що для метрики (5) простір-час однорідний. Для цього виберемо такі тетради [2, с. 145; 6, с. 376]:

$$h_0^0 = 1,\ h_0^\alpha = -\mu^\alpha,\ h_\alpha^0 = 0,\ h_\alpha^\beta = \delta_\alpha^\beta, \tag{6}$$

де тетрадні індекси $\alpha, \beta,\ldots = 1, 2, 3$. Обернені тетради [6, с. 377] матимуть вигляд:

$$h_0^0 = 1,\ h_0^\alpha = \mu^\alpha,\ h_\alpha^0 = 0,\ h_\alpha^\beta = \delta_\alpha^\beta. \tag{7}$$

Об'єкт неголономності [2, с. 146; 6, с. 378]:

$$\lambda_{ab}^c = \partial_a h_b^c - \partial_b h_a^c, \tag{8}$$

де $\partial_a := \dfrac{\partial}{\partial x^a}$. Тоді для тетрад (6) ненульові компоненти об'єкта неголономності:

$$\lambda_{0\alpha}^\beta = M_\alpha^\beta, \tag{9}$$

де $M_\alpha^\beta := M_\gamma^\beta \delta_\gamma^\beta = \mathrm{const}$. На основі [2, с. 147] того, що:

$$\lambda_{ab}^c = h_a^a h_b^b \lambda_{ab}^c, \tag{10}$$

ненульові компоненти в тетрадних індексах набудуть вигляду:

$$\lambda_{0\alpha}^\beta = M_\alpha^\beta, \tag{11}$$

де $M_\alpha^\beta := M_\gamma^\beta \delta_\alpha^\gamma = \mathrm{const}$.

Для метрики (5) ми вибрали таку систему відліку (тетради (6)), у якій об'єкт неголономності в тетрадних індексах сталий. Тобто:

$$\lambda_{ab}^c = C_{ab}^c, \tag{12}$$

де C^{c}_{ab} – структурні сталі. А це можливо лише тоді, коли простір-час однорідний [6, с. 489]. Отже, ми переконалися, що Всесвіт з метрикою (5) однорідно-стаціонарний (однорідний у просторі й стаціонарний у часі).

З'ясуймо геометричний зміст сталих $Z_{\alpha\beta}$ у метриці (5). Для цього в метриці Мінковського (1) перейдемо до системи координат, яка рівномірно обертається з кутовою частотою Ω [6, с. 329] навколо осі Oz′, що не збігається з віссю Oz, а саме:

$$x^{0'} = x^{0},\ x^{\alpha'} = p^{\alpha'}_{\beta} x^{\beta}.$$

Матрицю $p^{\alpha'}_{\beta}$ одержимо, наприклад, послідовно здійснивши два фіксовані повороти навколо осей Oz, Oy′ й обертання навколо осі Oz″ та зробивши перепозначення $x^{\alpha'''} \to x^{\alpha'}$ [14, с. 450]. У результаті цих дій одержимо метрику:

$$ds^2 = (1 + \zeta_\alpha\zeta^\alpha)(dx^0)^2 - 2\zeta_\alpha dx^\alpha dx^0 + \eta_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta, \tag{13}$$

де $\zeta^{\alpha} := x^{\beta} Z^{\alpha}_{\beta}$ і Z^{β}_{α} – сталі. Із цих сталих можна побудувати сталу Z, а саме:

$$Z = (Z_{12}Z^{12} + Z_{23}Z^{23} + Z_{31}Z^{31})^{1/2}.$$

Тоді кутова частота обертання:

$$\Omega = cZ. \tag{14}$$

Порівнюючи (5) і (13) бачимо, що метрика (13) є окремим випадком метрики (5) при умові, що $K^{\beta}_{\alpha} = 0$. Отже, в метриці (5) сталі Z^{β}_{α} відповідають за обертання системи координат. При переході до системи координат, яка обертається у зворотному напрямку з кутовою частотою Ω, сталі Z^{β}_{α} і Ω у випадку анізотропії не зникають із цієї метрики. Усесвіт з метрикою (5) будемо називати *однорідно стаціонарним обертальним Всесвітом* (ОСОВ).

Зауважимо, що розглянуті моделі однорідних просторово-часових континуумів не є космологічними моделями. У цих моделях немає матерії; вони стаціонарні, тобто не мають еволюції.

Однорідно стаціонарний спіновий Всесвіт. Яку «форму» набувають частинки «поміщені» в ОСОВ? Тобто, яку симетрію матимуть найпростіші «частинкоподібні» розв'язки? Пам'ятаємо, що ми ще не маємо рівнянь, які треба розв'язувати. Крім того, якщо «з'явиться» матерія, Всесвіт, який без матерії був однорідним і стаціонарним, перестає таким бути.

У метриці (5) M-матриця відповідає за розширення й обертання Всесвіту. Симетрія метрики (5) не сферична. А тому частинка, яка «поміщена» в цей Всесвіт, не може бути сферично симетричною.

У реальному Всесвіті K-стала $\left(K := \frac{1}{3} K^{\alpha}_{\alpha}\right)$, яка пропорційна до сталої Габбла, дуже мала [10, с. 366]. А тому, для метрика (4) симетрія за умови невеликої відстані від початку координат близька до сферичної. Тоді за аналогією із роз'язками рівнянь ЗТВ, частинка, яка не обертається, матиме симетрію близьку до сферичної. Тобто анізотропії на малих відстанях (лінійні функції k^{α}, близькі до нуля) не помітимо; така анізотропія прихована. За умови великих відстаней симетрія все більше буде «відхилятися» від сферичної.

Тепер розглянемо випадок, коли Z-матриця відрізняється від нуля (метрика (5)). В ОСОВ від ФСВ (тетради (6)) перейдемо до системи відліку, яка обертається у зворотному напрямку з кутовою частотою Ω. Цю систему відліку назвемо *абсолютно інерційною системою відліку* (АІСВ). При переході від старої системи відліку Σ до нової Σ′ тетради змінюються [3, с. 140] за правилом:

$$h^{b'}_{a} = h^{b}_{a} \pi^{b'}_{b},$$

де матриця переходу $\pi^{b'}_{a} = \pi^{b'}_{a}\left(x^{c}\right)$ і $\det\left[\pi^{b'}_{a}\right] = +1$. Тоді у новій системі відліку Всесвіт не буде обертатися. Тоді на розширення Всесвіту буде накладатись періодичне його стиснення і розтягування (пульсації). Оскільки K-величини дуже малі, тому цих пульсацій на невеликих відстанях від початку координат і в цьому випадку не будемо помічати. Таке обертання Всесвіту є прихованим.

Яка частота обертання (пульсацій) $\tilde{\ }$ нашого Всесвіту? На перший погляд, вона повинна бути дуже малою. Але незалежно від того, яка частота обертання, – цього обертання не помітимо. А тому можемо припустити, що *частота обертання Всесвіту рівна планківській частоті* [7, с. 543], а саме:

$$\tilde{\ } \quad \sqrt{\frac{c^5}{\hbar}} \approx 1.85 \cdot 10^{43}\,\text{c}^{-1}, \tag{15}$$

де $\hbar$ – квант моменту імпульсу ($\hbar = h/2\pi$, h – стала Планка), G – гравітаційна стала.

Планківська частота будується з трьох фундаментальних фізичних сталих, які характеризують параметри трьох теорій: спеціальної теорії відносності (c), загальної теорії відносності (G) і квантової механіки ($\hbar$).

Враховуючи (14) і те, що $\tilde{\ } \ \tilde{\ } / 2\pi$ частота обертання Всесвіту:

$$\tilde{\ } \ \frac{cZ}{2\pi} \tag{16}$$

Підставляючи останню формулу в (15), одержимо, що:

$$\hbar \ \frac{4\pi^2 c^3}{GZ^2}. \tag{17}$$

Однорідно-стаціонарний обертальний Всесвіт, частота обертання якого рівна планківській частоті, назвемо *однорідно-стаціонарним спіновим Всесвітом* (ОССВ). Анізотропія та обертання цього Всесвіту є прихованими.

Отже, не відмовляючись від 4-вимірної ріманової геометрії, у цьому варіанті ЄФТ вводиться в геометрію стала Планка, яка обернено пропорційна до квадрата частоти обертання Всесвіту.

В АІСВ, тетради, які можна одержати з (6), пульсують, тобто є хвильовими функціями. Тут частота пульсацій тетрад (Всесвіту) збігається з частотою планківської частинки [7, с. 543] масою:

$$\tilde{\ } \ \sqrt{\frac{\hbar}{G}} = 2{,}18\cdot 10^{-8}\,\text{кг}.$$

Отже, ОССВ не має матерії (в ФСВ) й водночас є планківською частинкою (в АІСВ).

На основі принципів побудови КГД, Всесвіт повинен мати такі фундаментальні метричні сталі, з яких можна одержати елементарний електричний та інші заряди. Але однорідно-стаціонарний спіновий Всесвіт таких фундаментальних метричних сталих не має. Щоб одержати ці сталі, слід узагальнити ОССВ.

Слід зазначити, що 1949 р. К. Ґьодель [13] у межах ЗТВ з космологічним членом одержав метрику однорідного Всесвіту, який обертається. А 1969 р. А. Рузмайкін і Т. Рузмайкіна [9] одержали модель однорідного Всесвіту, який обертається, але в межах ЗТВ без космологічного члена. У цих двох моделях однорідний лише простір, а в нашій моделі однорідний простір-час, що суттєво.

Рівняння квантової геометродинаміки. За ідеєю геометродинаміки фізичні тензори мають виводитись з геометричних. А рівняння КГД мають бути суто геометричними. Припустимо, що рівняння КГД є диференціальними рівняннями другого порядку. Нехай ліва частина цих рівнянь є деяким геометричним тензором 4-вимірної ріманової геометрії, а права частина – виразом, який будується з α-характеристик простору-часу, тобто з фундаментальних метричних сталих. На основі того, що ліва частина цих рівнянь є тензором, то і права частина також має бути тензором. Припустимо, що ліва частина рівнянь КГД є деяким геометричним тензором неоднорідного простору-часу, в якому наявна матерія. А права частина – таким самим геометричним тензором однорідного простору-часу. На основі пункту Д) принципів побудови КГД, для однорідного простору-часу тензори ріманової геометрії (кривини Рімана-Крістоффеля [6, с. 379], Річчі [6, с. 380] та інші) будуть сталими лише для ФСВ. А тому рівняння КГД (ліва і права частини) слід задавати у фундаментальній системі відліку.

Аналогічно до рівнянь Ейнштейна [6, с. 357], нехай ліва частина рівнянь КГД є диференціальними рівняннями другого порядку, які лінійні по других похідних. Розглянемо тензор Річчі [6, с. 380], а саме:

$$R_{ab} = \partial_a \gamma^c_{cb} - \partial_c \gamma^c_{ab} + \gamma^d_{ca}\gamma^c_{db} - \gamma^c_{cd}, \tag{18}$$

де $\partial_a := h^c_a \partial_c$ і γ^c_{ab} – коефіцієнти обертання Річчі [13, с. 378]. Ці коефіцієнти знаходимо з об'єкта неголономності (10) [6, с. 379], а саме:

$$\gamma_{abc} = \frac{1}{2}\left(-\lambda_{abc} + \lambda_{bca} - \lambda_{cab}\right). \tag{19}$$

Для ОССВ на основі (11) одержимо, що:

$$\gamma^{\beta}_{0\alpha} = -Z^{\beta}_{\alpha},\ \gamma^{\beta}_{\alpha 0} = K^{\beta}_{\alpha},\ \gamma^{0}_{\alpha\beta} = -K_{\alpha\beta}. \tag{20}$$

Тоді компоненти тензора Річчі (18) набудуть вигляду:

$$R_{00} = K_{\gamma}^{\delta} K_{\delta}^{\gamma},\ R_{00} = 0,\ R_{\alpha\beta} = Z_{\alpha}^{\gamma} K_{\gamma\beta} + Z_{\beta}^{\gamma} K_{\gamma\alpha} + K_{\gamma}^{\gamma} K_{\alpha\beta}. \quad (21)$$

Отже, у ФСВ компоненти тензора Річчі ОССВ сталі. Скалярна кривина, яку знаходимо за формулою: $R = R_a^a$, така:

$$R = K_{\gamma}^{\delta} K_{\delta}^{\gamma} + \left(K_{\gamma}^{\gamma}\right)^2. \quad (22)$$

Вона є додатною сталою.

Припустимо, що усі компоненти тензора Річчі в просторі-часі з матерією для ФСВ сталі (α-характеристиками). Своєю чергою, наприклад, з тензора кривини можна побудувати скаляри, які будуть функціями від координат (β-характеристиками). Отже, тензор Річчі міг би годитися на роль основного тензора рівнянь КГД.

Розглянемо такі рівняння:

$$R_{ab} = R_{ab}, \quad (24)$$

де R_{ab} – тензор Річчі простору-часу, в якому наявна матерія**,** а R_{ab} – тензор Річчі однорідного простору-часу. З рівнянь (24) випливає, що скалярна кривина простору-часу є сталою.

Припустимо, що *рівняння* (24) *є рівняннями квантової геометродинаміки*. Компоненти тензора Річчі будуть сталими лише для ФСВ. При переході від ФСВ до довільної системи відліку компоненти тензора Річчі в тетрадних індексах будуть функціями від координат. Отже, для Всесвіту існують глобальні ФСВ, тобто такі ФСВ, які задані на всій області неоднорідного просторово-часового континуууму.

Оскільки, метрика ОССВ, яка є найпростішим розв’язком рівнянь КГД, в АІСВ є хвильовою функцією, то і будь-які інші розв’язки рівнянь (24) також будуть хвильовими функціями.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В основі запропонованого варіанту єдиної фізичної теорії (квантової геометродинаміки) лежить 4-вимірна ріманова геометрія.

Ми сподіваємося, що частинкоподібні роз’язки запропонованих рівнянь для однорідно-стаціонарного спінового Всесвіту будуть мати дискретний момент імпульсу (спін). Щоб увести у квантову геометродинаміку елементарний електричний та інший заряди, потрібно узагальнити однорідно стаціонарний спіновий Всесвіт.

Розв’язки запропонованих рівнянь квантової геометродинаміки мають бути хвильовими функціями.

Джерела та література

1. Вейль Г. Гравитация и электричество / Г. Вейль // Альберт Эйнштейн и теория гравитации : сб. ст. – М. : Мир, 1979. – С. 513–527.
2. Владимиров Ю. С. Системы отсчета в теории гравитации / Ю. С. Владимиров. – М. : Атомиздат, 1982. – 256 с.
3. Иваницкая О. С. Лоренцев базис и гравитационные эффекты в эйнштейновской теории тяготения / О. С. Иваницкая. – Минск : Наука и техника, 1979. – 335 с.
4. Калуца Т. К проблеме единства физики / Т. Калуца // Альберт Эйнштейн и теория гравитации : сб. ст. – М. : Мир, 1979. – С. 529–534
5. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.
6. Ландау Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1988. – 509 с.
7. Мизнер Ч. Классическая физика как геометрия / Ч. Мизнер, Дж. Уилер // Альберт Эйнштейн и теория гравитации : сб. ст. – М. : Мир, 1979. – С. 542–554.
8. Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ / П. К. Рашевский. – М. : Гостехиздат, 1953. – 636 с.
9. Рузмайкина Т. В. Эволюционная космологическая модель с вращением / Т. В. Рузмайкина, А. А. Рузмайкин // ЖЭТФ. – 1969. – Т. 56, № 6. – С. 1742–1747.
10. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология / Р. Толмен. – М. : Наука, 1974. – 520 с.
11. Уилер Дж. А. Гравитация, нейтрино и Вселенная / Дж. А. Уилер. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – 403 с.
12. Уилер Дж. О природе квантовой геометродинамики // Уилер Дж. А. Гравитация, нейтрино и Вселенная / Дж. А. Уилер. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – С. 333–348.
13. Gödel K. An Example of a New Type Cosmologikal Solutions of Einstein’s Fields Equations of Gravitation / K. Gödel // Rev. Mod. Phys. – 1949. – Vol. 21. – P. 447–450.
14. Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relävitatstheorie / O. Klein // Ztschr. Phys. – 1926. – Vol. 37. – P. 895–906.

15. Rainich G. Y. Elektrodunamics in the General Relativity Theory / G. Y. Rainich // Proc. Nat. Akad. Sci., (USA). – 1924. – Vol. 10. – P. 124–127.
16. Rainich G. Y. Elektrodinamics in the General Relativitu Theory / G. Y. Rainich // Trans. Am. Math. Soc. – 1925. – Vol. 27. – P. 106–136.

Хоровец Владимир. Кантовая геометродинамика и однородность пространства-времени. Однородно стационарная спиновая Вселенная. Предложено квантовую геометродинамику – вариант единой физической теории. Сформулировано принципы построения квантовой геометродинамики, на основании которых физика должна выводиться с 4-мерной римановой геометрии и пространство-время в случае отсутствия материи должно быть однородным. Рассмотрено примеры пространственно-временных континуумов, а именно однородно стационарную вращательную Вселенную. Показано, что анизотропии и вращения Вселенной в простейших наблюдениях мы не заметим. Указано, что вращение Вселенной с планковской частотой (однородно стационарная спиновая Вселенная) дает возможность ввести в 4-мерную риманову геометрию постоянную Планка. Предложено уравнения квантовой геометродинамики, в которых левая часть есть тензор Риччи пространства-времени с материей, а правая – тензор Риччи однородного пространства-времени. Компоненты этих тензоров постоянные для фундаментальных систем отсчета.

Ключевые слова: единая физическая теория, квантовая геометродинамика, однородность пространства-времени, однородно стационарная спиновая Вселенная, уравнения квантовой геометродинамики.

Khorovets Volodymyr. Quantum Geometrodynamics and Homogeneity of Space and Time. Homogeneous and Stationary Spin Universe. Quantum geometrodynamics us one of unified physical theory is proposed. The principles of quantum geometrodynamics are formulated. They based on the physics of which must be derived from a 4-dimensional Riemannian geometry and space and time of matter must be uniform in the absence. The example of the space and time continuum are considered namely uniformly fixed rotational universe. It is shown that the anisotropy and the rotation of the universe in a simplest observation we do not notise. The rotation of the Universe with the Planck frequency (homogeneous stationary spin Universe) gives you the opportunity to enter into a 4-dimensional Riemannian geometry Planck's constant. Equations of quantum geometrodynamics are proposed, where the left side is the of the Ricci tensor of the space and time and matter, and right is Ricci tensor of the homogeneity of space and time. The components of these tensors are constant for fundamental reference systems.

Key words: common physical theory, quantum heometrodynamics, homogeneity of space and time, homogeneous stationary spin Universe, equations of quantum heometrodynamics.

Стаття надійшла до редколегії
24.06.2014 р.

УДК 517.984

Олександр Сировацький

Про збурення самоспряжених операторів при умові кратного спектра

Одне з найважливіших завдань теорії збурень полягає у вивченні спектра збуреного оператора й опису спектральних проекторів цього оператора. У роботі вивчено випадки одновимірного і двовимірного збурення лінійного самоспряженого оператора при умові кратного спектра, а також розв'язано зворотню задачу − знайдено збурення по заданому спектрові.

Ключові слова: скінченномірне збурення, самоспряжений оператор, зворотня задача теорії збурення.

Постановка наукової проблеми та її значення. Спектральну теорію збурень у своїх роботах започаткували Г. Вейль (1909) [9], Ф. Релліх (1936) [8] і К. Фрідріхс (1939) [6]. Одне з найважливіших завдань теорії збурень полягає у вивченні спектра збуреного оператора та описі спектральних проекторів цього оператора. У скінченномірному гільбертовому просторі для самоспряженого оператора з простим спектром задачу одновимірного збурення розв'язав К. Льовнер [7].

Мета роботи − вивчити збурення самоспряжених операторів, що діють у скінченномірному гільбертовому просторі при умові кратного спектра.

Завдання статті – вирішити пряму і зворотню задачу збурення спектра самоспряжених операторів у скінченномірному гільбертовому просторі, причому розглянути випадок одновимірного і