Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003145

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-09-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Костиленко Ян Олександрович
2. Jan O. Kostylenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3869-2885

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Фізика та астрономія

Дата захисту: 15-11-2024

Спеціальність за освітою: прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 2024.104.02

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.15, 29.05

Тема дисертації:

1. Теоретико-польовий опис властивостей дейтрона та позитронію у зображенні одягнених частинок
2. Field-theoretical description of deuteron and positronium properties in the clothed-particle representation

Реферат:

1. Костиленко Я. О. Теоретико-польовий опис властивостей дейтрона та позитронію у зображенні одягнених частинок. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 01.04.02 «Теоретична фізика» (104 – Фізика та астрономія). – Інститут теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, – Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, Харків, 2024. Це дослідження присвячене застосуванню концепції так званих одягнених частинок, яка була введена в релятивістську квантову теорію поля О. Грінбергом і С. Швебером, та пережила своє друге народження в 70-х роках завдяки працям М. Широкова. Після чого підхід, заснований на концепції одягнених частинок, був розвинутий у співпраці Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера (Харків, Україна), Падовського відділення Національного інституту ядерної фізики (Падова, Італія) та Інституту електрофізики і

радіаційних технологій (Харків, Україна). Нагадаємо, що за допомогою методу унітарних одягаючих перетворень повний польовий гамільтоніан H та інші оператори, що мають важливе фізичне значення (наприклад, оператори лоренцевих бустів та густини струму), які спочатку залежать від операторів створення та знищення для “голих” частинок, можна виразити через новий набір їх “одягнених” партнерів. Це досягається завдяки спеціальним одягаючим перетворенням, які залишають гамільтоніан незмінним. Під час процедури одягання велика кількість віртуальних процесів, які в нашому випадку пов’язані з поглинанням/випромінюванням мезонів, анігіляцією/народженням нуклон-антинуклонних пар та іншими хмарними ефектами, накопичуються в операторах створення (знищення) для одягнених (фізичних) частинок. Така особливість демонструє найбільш суттєву відмінність між поняттями одягнених та голих частинок. Перший розділ зосереджений на поясненні концепції одягнених частинок. Наведено історичну довідку про метод унітарних одягаючих перетворень та введено проміжне зображення голих частинок з фізичними масами. Продемонстровано, як можна перейти до зображення одягнених частинок, визначити обмеження, що накладаються на відповідні оператори перетворень, та забезпечити їх дотримання. Обговорюються відомі польові моделі взаємодії нуклонів, мезонів, електронів та фотонів зі взаємодіями типу Юкави, які використовуються у дисертації. Крім того, розглянуто зв’язок між підходом, що базується на концепції одягнених частинок, та in(out) формалізмом Лемана, Симанзіка та Цимермана. У другому розділі, виконуючи процедуру одягання (з дотриманням загальних рецептів при вилученні так званих “поганих” членів), були розраховані зсуви мас ферміонів у системі полів нуклонів і □-мезонів, що взаємодіють, а також у квантовій електродинаміці. Метод унітарних одягаючих перетворень дозволяє позбутися членів, що розбігаються, котрі пов’язані з проблемою перенормування, безпосередньо в гамільтоніані. Таким чином, вони більше не можуть з’являтися у S-матриці. Зсуви мас виражаються через тривимірні інтеграли, підінтегральні вирази яких залежать від певних коваріантних комбінацій 3-імпульсів. Було доведено, що отримані результати не залежать від імпульсів частинок. Ці розрахунки відтворюють результати, які одержано за допомогою підходу Фейнмана. Відповідно до запропонованого методу, перенормування маси розглядається одночасно з побудовою нового сімейства взаємодій між одягненими частинками (квазічастинками в зображенні одягнених частинок). У третьому розділі, починаючи з польового гамільтоніана мезонів (л, □, □, □, □, □) та нуклонів, що взаємодіють, було показано оригінальний спосіб побудови нового сімейства операторів електромагнітних мезонних обмінних струмів за допомогою методу унітарних одягаючих перетворень. Введені таким чином, вони не залежать від вибору станів, з якими обчислюються матричні елементи. Нові вирази для мезонних обмінних струмів порівнюються з виразами, отриманими в попередніх дослідженнях. Запропоновано ефективний метод забезпечення градієнтної незалежності, що базується на узагальненні теореми Зігерта. У четвертому розділі отримані оператори струмів використовуються для опису електромагнітних властивостей дейтрона. Для нашої моделі дейтрон у миттєвій формі релятивістської динаміки є зв’язаним станом одягнених нейтрона та протона на їхніх масових оболонках. Це дозволяє позбутися нерелятивістських невизначеностей, притаманних традиційним підходам. Зокрема, нема потреби “вигадувати” жодних моделей поза енергетичною оболонкою для вершин □N, □л, □□ тощо. Особливу увагу приділено задачі на власні значення та знаходженню станів дейтрона у рухомій системі відліку. Було обчислено магнітний формфактор дейтрона з урахуванням як одночастинкового, так і двочастинкового струмів. Відповідна структурна функція повністю визначається магнітним формфактором та є дуже чутливою до мезонних обмінних струмів.

2. Kostylenko Y. O. Field-theoretical description of deuteron and positronium properties in the clothed-particle representation. – Qualification scientific paper, manuscript. Thesis for a Doctor of Philosophy degree in Physics and Mathematics: Speciality 01.04.02 “Theoretical physics” (104 – Physics and Astronomy). – A.I. Akhiezer Institute for Theoretical Physics of the National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology” NAS of Ukraine, – National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology” NAS of Ukraine, Kharkiv, 2024.

This research is devoted to applications of the concept of the so-called clothed particles, put forward in the relativistic quantum field theory by O. Greenberg and S. Schweber, that survived its second birth in the 70s owing to the work by M. Shirokov, and developed then by the collaboration of the Akhiezer Institute for Theoretical

Physics (Kharkiv, Ukraine), Padova Division of the National Institute for Nuclear Physics (Padova, Italy) and Institute of Electrophysics and Radiation Technologies (Kharkiv, Ukraine). Recall that by using the method of unitary clothing transformations the total field Hamiltonian H and other operators of great physical meaning (e.g., the Lorentz boosts and current density operators), initially depending on the creation and destruction operators for the “bare” particles, can be expressed through a new set of their “clothed” counterparts. It is achieved via special unitary clothing transformations that remain the Hamiltonian intact. In the course of the clothing procedure a large amount of virtual processes associated in our case with the meson absorption/emission, the nucleon-antinucleon pair annihilation/production and other cloud effects turn out to be accumulated in the creation (destruction) operators for the clothed (physical) particles. Such a feature reflects the most significant distinction between the concepts of clothed and bare particles. The first section is focused on the explanation of the concept of clothed particles. The historical background of the method of unitary clothing transformations is given and an intermediate representation of the bare particles with physical masses is introduced. We show how one can transfer to the clothed-particle representation, determine certain constraints imposed on the corresponding clothing transformations and meet them. We are also addressing the well-known field models of interacting nucleons, mesons, electrons and photons with Yukawa-type couplings. Finally, we consider the links between our approach and the in(out) formalism by Lehmann, Symanzik and Zimmermann. In the second section, following the common recipes when removing the so-called “bad” terms within the clothing procedure, we show our calculations of the fermion mass shifts in the system of interacting nucleon and □ meson fields as well as in the quantum electrodynamics. The method of unitary clothing transformations allows us to get rid of divergent terms associated with the renormalization problem directly in the Hamiltonian. Thus, they can no longer appear in the S-matrix. The mass shifts are expressed through the corresponding three-dimensional integrals whose integrands depend on certain invariant combinations of the relevant three-momenta. Our results are proved to be particle-momentum independent and compared with ones obtained via the Feynman technique. Following the approach proposed, mass renormalization is considered simultaneously with the construction of a new family of interactions between the clothed particles (quasiparticles in the clothed-particle representation). In the third section, starting with the field Hamiltonian of interacting mesons (π, □, □, □, □) and nucleons, we show an original way to build up a new family of electromagnetic meson exchange current operators via the method of unitary clothing transformations. Being introduced in such a way they do not depend on the choice of states with which we calculate the matrix elements. The new expressions for meson exchange currents have been compared with ones derived in the previous explorations. An effective technique of ensuring gauge independence based on the generalization of Siegert’s theorem is proposed. In the fourth section, we have used the currents derived to describe the deuteron electromagnetic properties. The deuteron in the instant form of relativistic dynamics for such a model is the bound state of the clothed neutron and proton on their mass shells. This fact allows us to get rid of non-relativistic uncertainties inherent in the conventional approaches in the past. In particular, we do not need to “invent” any off-shell models for the □N, □π, □□, etc. vertices. Special attention is paid to the deuteron eigenvalue problem and finding the proper deuteron states in a moving frame. We have computed the deuteron magnetic form factor taking into account both one-body and two-body currents.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Arslanaliev A., Kostylenko Y., and Shebeko O. A new family of interactions between clothed particles in QED. Ukrainian Journal of Physics. 2021. Vol. 66, P. 833. Квартиль Q3 (2021). https://doi.org/10.15407/ujpe66.10.833
- Arslanaliev A., Kostylenko Y., and Shebeko A. QED in the clothedparticle representation. In: Recent Progress in Few-Body Physics (Orr N. et al., eds.) P. 41, Springer, 2020. http://doi.org/10.1007/978-3-030-32357-8_8
- Kostylenko Y., Arslanaliev A., and Shebeko A. QED in the clothedparticle representation: a fresh look at positronium properties treatment. SciPost Physics Proceedings. 2020. Vol. 3, P. 45. https://doi.org/10.21468/SciPostPhysProc.3.045
- Kostylenko Y. and Shebeko A. A field theoretical description of the electron-deuteron scattering. Few-Body Systems. 2021. Vol. 62, P. 41. Квартиль Q3 (2021). https://doi.org/10.1007/s00601-021-01620-5
- Kostylenko Y. and Shebeko A. Clothed particle representation in quantum field theory: Fermion mass renormalization due to vector boson exchange. Physical Review D, 2023, Vol. 108, P. 125019. Квартиль Q1 (2023). https://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.125019
- Kostylenko Y. and Shebeko A. Meson Exchange Currents in the Clothedparticle Representation: Calculation of the Deuteron Magnetic Form Factor. Few-Body Systems. 2024. Vol. 65, P. 55. Квартиль Q2 (2023). https://doi.org/10.1007/s00601-024-01921-5

Наукова (науково-технічна) продукція: встановлено властивості найпростіших зв'язаних систем (позитронія та дейтрона)

Соціально-економічна спрямованість: теоретичний опис і нові розрахунки хвильової функції позитронія та електромагнітних властивостей дейтрона

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0121U108812

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шебеко Олександр Вікторович
2. Olexandr V. Shebeko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузнєцов Пилип Едуардович
2. Pylyp E. Kuznietsov

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8477-1395

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горбар Едуард Володимирович
2. Eduard V. Gorbar

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, с.н.с., член-кор. НАН України, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2684-1276

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Меренков Микола Петрович
2. Mykola P. Merenkov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9743-3827

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бондаренко Микола Вікторович
2. Mickola V. Bondarenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2530-7546

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Корчин Олександр Юрійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Корчин Олександр Юрійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	ННЦ ХФТІ ОКД
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна