УДК 530.145.85

DOI: 10.17223/00213411/63/12/82

Т.Г. АЛИЕВА¹, Г.Г. КУЛИЕВА²

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КЛЕЙНА – ФОКА – ГОРДОНА ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛА РОЗЕНА – МОРСА

С помощью успешной схемы для преодоления трудностей, возникающих при $l \neq 0$ в центробежной части потенциала Розена – Морса для связанных состояний, найдено решение модифицированного уравнения Клейна – Фока – Гордона. Определены собственные значения энергии и соответствующие радиальные волновые функции для произвольного значения орбитального квантового числа ($l \neq 0$).

Ключевые слова: потенциал Розена – Морса, метод Никифорова – Уварова, спектральная задача.

Введение

Квантовая механика уже не является революционной теорией. За сто лет, прошедших со времени ее возникновения, она стала вполне установившейся областью физики. При этом изучение точно решаемых задач для физических потенциалов до сих пор является важным в физических исследованиях [1–3].

Волновое уравнение Клейна – Фока – Гордона (КФГ) весьма эффективно описывает бесспиновые скалярные и псевдоскалярные частицы, составные частицы, такие, как π -мезон, бозон Хиггса и т.д. В научной литературе с использованием различных методов решения уравнения КФГ с физическими потенциалами существует ряд интересных работ [4–8]. В работе [4] уравнение КФГ с векторным потенциалом типа Хюльтена было исследовано традиционным методом. Эта же задача рассмотрена в [5, 6] как с векторным, так и со скалярным потенциалами типа Хюльтена. В работе [7] уравнение КФГ с этим же потенциалом было использовано для решения задачи рассеяния в случае регулярных и нерегулярных граничных условий волновой функции. А в работе [8] авторы методом интегрирования по траекториям успешно определили функцию Грина для оператора КФГ. В исследованиях радиальной и азимутальной части волновых уравнений для $l = 0$ при различных потенциалах эффективно применялись разные методы, например, SUSY-методы [9–11], метод факторизации [12], подход с преобразованием Лапласа [13], метод интегрирования по траекториям [14], метод смещенного расширения $1/N$ [15, 16]. Также часто применялся метод Никифорова – Уварова (НУ) [17] для аналитического решения волновых уравнений. В работах [18–26], используя обычную квантовую механику с целью получения связанных состояний уравнения КФГ с некоторым типичным потенциалом, была предпринята попытка приравнять скалярный и векторный потенциалы. Уравнение КФГ с потенциалом ring-shaped также было исследовано Донгом в [27]. Это же уравнение с различными потенциалами подробно было изучено томской группой Багрова, Шаповалова и др. [28–31]. В последние годы к уравнению КФГ в рамках суперсимметричной квантовой механики часто обращается азербайджанская группа Ахмедова [32–36].

В настоящей работе рассматривается случай, когда взаимодействия недостаточно для создания пар частица – античастица в потенциале Розена – Морса. При этом в уравнении КФГ удастся обрабатывать частицы с нулевым спином частицей с полуцелым спином при интенсивных внешних полях, что позволяет применять уравнение Дирака. Потенциал Розена – Морса играет важную роль в атомной, молекулярной и химической физике, поскольку может быть использован для описания молекулярных колебаний и для получения энергетических спектров линейных и нелинейных систем. Он также является одним из потенциальных кандидатов для описания собственных функций и энергетических спектров удержания кварков в адроне в квантовой хромодинамике. Потенциал Розена – Морса с тригонометрической функцией применяется для объяснения характера кварк-глюонной динамики в квантовой хромодинамике.

1. Метод Никифорова – Уварова

Метод Никифорова – Уварова используется для решения дифференциального уравнения второго порядка, которое представлено в следующем виде [17]:

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>