

УДК 530.145.85

DOI: 10.17223/00213411/64/7/140

С.М. АСЛАНОВА

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДАФФИНА – КЕММЕРА – ПЕТЬО
ДЛЯ СУММЫ ПОТЕНЦИАЛА МАННИНГА – РОЗЕНА И КЛАСС ЮКАВЫ**

Представлено аналитическое решение для связанных состояний уравнения Даффина – Кеммера – Петью для нового предполагаемого комбинированного потенциала Маннинга – Розена плюс класс Юкавы. Используя развитую схему для аппроксимации и преодоления трудностей, возникающих в случае $l \neq 0$ в центробежной части потенциала Маннинга – Розена плюс класс Юкавы, для связанных состояний найдено решение модифицированного уравнения Даффина – Кеммера – Петью. Получены аналитические выражения для собственного значения энергии и соответствующие радиальные волновые функции для произвольного значения орбитального квантового числа ($l \neq 0$). Собственные функции выражены через гипергеометрические функции. Показано, что уровни энергии и собственные волновые функции очень чувствительны к выборам радиального n_r и орбитального l квантовых чисел.

Ключевые слова: потенциал Маннинга – Розена плюс класс Юкавы, метод Никифорова – Уварова, спектральная задача.

Введение

Квантовая механика не является уже 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, 2].

В настоящее время наблюдается возрождение интереса к решению уравнения Даффина – Кеммера – Петью (ДКП) и его отношению к некоторым проблемам в ядерной физике и физике элементарных частиц. Недавно релятивистское уравнение первого порядка ДКП было использовано для изучения взаимодействия спина нуль-мезонов с ядрами [3]. Проблема релятивистской частицы с произвольным спином существует уже долгие годы. Релятивистское волновое уравнение первого порядка для произвольного спина было сначала исследовано Лубарниски, Мадхаварао и Бхабха и стало известно как волновое уравнение типа Бхабха. Самые простые особые случаи этого уравнения переходят в уравнения Дирака (спин $-1/2$) и Даффина – Кеммера – Петью (спин 0 и 1) [4]. После существенного успеха уравнения Дирака [5] при релятивистском описании частиц (спин $-1/2$) поиск начался для подобных волновых уравнений первого порядка для спина частиц 0 и 1.

Большинство ученых физического сообщества, столкнувшись с релятивистскими бозонами со спинами 0 и 1, вспоминают о хорошо известных уравнениях Клейна – Фока – Гордона (КФГ) и Прока. Известно что, уравнения Клейна – Фока – Гордона весьма эффективно описывают бесспиновые скалярные и псевдоскалярные частицы, составные частицы, такие, как π -мезон, бозон Хиггса и т.д., а уравнение Прока – векторные частицы со спином равным 1. Отметим, что эти уравнения являются уравнениям второго порядка.

Очень удачный аналог этих уравнений был введен Даффином, Кеммером и Петью в 1930-х годах. Полученное ими волновое уравнение, т.е. уравнение Даффина – Кеммера – Петью, имеет природу первого порядка и является обобщением уравнения Дирака, в котором алгебра Дирака γ -матриц заменена на так называемые β -матрицы [6–8]. Уравнение ДКП представлено пяти- и десятикомпонентными версиями, которые очень хорошо описываются для бозонов со спинами 0 и 1 соответственно. Представление уравнения ДКП с нулевым спином при векторном потенциале обладает той же математической структурой, что и его хорошо известный аналог, т.е. уравнение КФГ. В итоге физическое сообщество решило, что эти уравнения полностью эквивалентны. Однако эта эквивалентность нарушается в некоторых адронных процессах, включая отдельные моды распада K -мезонов. Кроме того, уравнение ДКП удобнее для изучения взаимодействий, чем уравнение КФГ, из-за его более сложной структуры.

Уравнение Даффина – Кеммера – Петью является одним из уникальных уравнений, которое может исследовать частицы со спином нуль и единица [6–8].

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>