ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 64, № 9 ФИЗИКА 2021

УДК 530.145.85 DOI: 10.17223/00213411/64/9/157

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ КОМБИНАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА МАННИНГА – РОЗЕНА И КЛАСС ЮКАВЫ

Г.А. Байрамова

Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджанская Республика

Найдено аналитическое решение для связанных состояний модифицированного уравнения Шредингера, для нового предполагаемого комбинированного потенциала Маннинга – Розена плюс класс Юкавы. Для преодоления трудностей, возникающих в случае $l \neq 0$ в центробежной части потенциала Маннинга – Розена плюс класса Юкавы для связанных состояний, мы применяли развитую аппроксимацию. Получены аналитические выражения для собственного значения энергии, соответствующие радиальные волновые функции для произвольного значения орбитального квантового числа $l \neq 0$, а также собственные функции, выраженные через гипергеометрические функции. Показано, что уровни энергии и собственные волновые функции очень чувствительны к выборам потенциальных параметров.

Ключевые слова: *уравнение Шредингера, потенциал Маннинга – Розена плюс класс Юкавы, метод Никифорова – Уварова.*

Введение

Исследования аналитического решения волновых уравнений в потенциальных полях в релятивистской и нерелятивистской квантовой механике всегда играли и будут играть важную, может быть и основную, роль в исследованиях в области физики ядра и элементарных частиц, а также физики атомов и молекул. В потенциальных моделях физические свойства микрообъектов описываются и интерпретируются с помощью различных волновых уравнений, например, уравнения Шредингера, уравнения Дирака, уравнения Клейна – Фока – Гордона, релятивистского конечно-разностного уравнения. При этом используются точные или феноменологически введенные потенциалы взаимодействия. Таких потенциалов немало. Самыми известными потенциалами, широко применяемыми как в релятивистской, так и нерелятивистской областях, являются потенциал гармонического осциллятора и кулоновский потенциал, а также их различные комбинации. К другим видам потенциалов взаимодействия относятся, например, следующие: потенциалы Кратцера, Морса, Эскарта, Маннинга – Розена, Пешля – Теллера, Хюльтена, Вуда – Саксона, Макарова, Хартмана, Ринга – Шапеда и др.

Значимость потенциальной модели, в первую очередь, определяется тем, насколько она хорошо описывает те или иные свойства рассматриваемой физической системы. Другая важная сторона модели – ее точная решаемость.

В квантовой механике точные решения, аналитические и численные решения как релятивистских, так и нерелятивистских волновых уравнений для разных потенциалов представляют большой интерес [1, 2]. Особенно аналитические решения Шредингера, Клейна – Фока – Гордона и уравнения Дирака имеют огромное значение в квантовой механике, потому что волновая функция обеспечивает всю важную информацию для полного описания квантовых систем. Небольшое количество потенциалов может быть решено точно для уравнения Шредингера с любыми радиальными и орбитальными квантовыми числами [1, 2]. Традиционно многие квантовые системы могут быть изучены только методами приближений и числового решения [3]. До настоящего времени несколько методов, включая суперсимметрию, разложение на множители, подход с использованием лапласовского преобразования, интегралы по траектории, метод Никифорова – Уварова (НУ) [4], были развиты и направлены на решение квантового волнового уравнения.

Метод НУ имеет большую практическую значимость для решения дифференциальных уравнений второго порядка, превращая их в уравнения гипергеометрического типа. Более того, различные экспоненциальные и гиперболические потенциалы решаются аналитически с использованием различных приближений по методу НУ.

В принципе, экспоненциальные потенциальные модели всегда привлекают значительное внимание и интенсивно используются в различных физических системах, включая квантовую космо-

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