

Анализ моделей резонансного квантового туннелирования составных систем через потенциальные барьеры

А.А. Гусев

*Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ,
г. Дубна, РФ; e-mail: gooseff@jinr.ru*

Аннотация

2 лекции

Модель квантового туннелирования кластера, состоящего из A тождественных частиц с осцилляторным взаимодействием, через короткодействующие отталкивающие барьерные потенциалы сформулирована и изучена в представлении симметризованных координат в s -волновом приближении. Представлен конструктивный алгоритм симметризации/антисимметризации базисных функций $A-1$ мерного гармонического осциллятора относительно перестановок A тождественных частиц в новых симметризованных координатах. Алгоритм реализован в системе компьютерной алгебры Maple для $A=2,3,4,5,6,7$. Для $A=3,4$ получены аналитические выражения для симметричных/антисимметричных осцилляторных базисных функций.

Представлен анализ эффекта квантовой прозрачности барьеров, проявляющийся в немонотонной зависимости резонансного типа коэффициента прохождения от энергии столкновения составной системы, в зависимости от числа частиц и типа их симметрии. Показано, что резонансное поведение коэффициента прохождения связано с существованием барьерных квазистационарных состояний, погруженных в непрерывный спектр. Для их классификации разработан символьно-численный алгоритм решения задачи на собственные значения в усеченном осцилляторном базисе, реализованный в среде Maple-Fortran.

Разработанные алгоритмы и комплексы программ формирования эффективных потенциалов и решения задачи рассеяния в методе сильной связи каналов, с помощью дискретизации краевой задачи методом конечных элементов, применены к анализу эффекта квантовой прозрачности в модели приповерхностной квантовой диффузии двухатомных молекул ниже порога диссоциации. Дальнейшее применение симметризованных координат и развитого подхода связано с решением задачи рассеяния с помощью кластерной редукции составной системы из A частиц к совокупности различных подсистем, например, "одна частица + кластер из $A-1$ частиц", или "кластер из A_1 частиц + кластер из A_2 частиц", в рамках метода сильной связи каналов. Представлен анализ атомно-ионных столкновений, а также динамики иона в поле лазерного импульса на основе модели двух центров с потенциалами Пёшля-Теллера.

Analysis of models of the resonance quantum tunnelling of composite systems through potential barriers

A. A. Gusev

Laboratory of Information Technologies Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia; e-mail: gooseff@jinr.ru

A model for quantum tunnelling of a cluster comprised of A identical particles, interacting via oscillator-type potential, through short-range repulsive barrier potentials is formulated and studied in the symmetrized-coordinate representation and in the s -wave approximation. A constructive algorithm for symmetrizing/antisymmetrizing the $(A-1)$ -dimensional harmonic oscillator basis functions in the new symmetrized coordinates with respect to permutations of A identical particles is presented. The algorithm has been realized in CAS Maple for $A=2,3,4,5,6,7$. For $A=3,4$ the symmetric/antisymmetric basis functions are given in analytical form. The analysis of effect of quantum transparency, manifesting itself in nonmonotonic resonance-type dependence of the transmission coefficient upon the collision energy of the composite system, their number and the type of their symmetry, is presented. It is shown that the total transmission coefficient demonstrates the resonance behavior due to the existence of barrier quasi-stationary states, imbedded in the continuum. For their classification the symbolic-numerical algorithm of solution of the eigenvalue problem in truncated oscillator basis has been elaborated in Maple-Fortran environment. The elaborated algorithm and program complexes of construction of the effective potentials and solution of the eigenvalue problem in close-coupled method discredited by Finite Element Method [<http://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/kantbp/indexe.html>], are applied to analyze of the quantum transparency effect in the near-surface quantum diffusion of the diatomic molecules below dissociation threshold. The elaborated approach and program complexes were applied to the analysis of quantum transparency effect in the model of near-surface quantum diffusion of diatomic molecules below dissociation threshold. Further application of the symmetrized coordinates and developed approach connected with solution of scattering problem with help of a cluster reduction the composed system to subsystems, like “(one particle) + (cluster of $A - 1$ particles)” and “(a cluster of A_1 particles) + (cluster of A_2 particles) ” in the framework of close-coupled channel method. Atom-ion collisions, as well as the dynamics of an ion in the field of a laser pulse, are studied on the base of a two-center model with Pöschl-Teller potentials.