

**Расчет основного и первых возбужденных состояний легких ядер в рамках оболочечной модели атомного ядра с учетом движения центра масс**

*Д. М. Родкин<sup>1,2</sup>, Ю.М. Чувильский<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Московский Физико-Технический Институт  
(государственный университет)

<sup>2</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова»

Оболочечная модель ядра является одним из наиболее распространенных подходов, используемых для аккуратного описания свойств атомных ядер. Данная модель является полностью микроскопической и обладает большой предсказательной силой при описании ядерных спектров. В рамках оболочечной модели можно выделить два подхода к описанию ядер - это модель с инертным кором (состояния нуклонов кора фиксированы) и несколькими валентными нуклонами на верхних оболочках и модель, в которой все нуклоны могут распределяться по оболочкам произвольным образом.

В рамках модели с инертным кором используется эффективный потенциал нуклон-нуклонного взаимодействия, который создается на основе перенормированного потенциала нуклон-нуклонного взаимодействия с применением феноменологической подгонки матричных элементов в заданном пространстве валентных оболочек. В рамках данной модели при применении разных валентных пространств и, как следствие, разных потенциалов было получено описание большого количества атомных ядер, вплоть до  $A \approx 100$ .

В модели со всеми активными нуклонами (No Core Shell Model) [1] возможно использование реалистичного потенциала нуклон-нуклонного потенциала, но отказ от использования инертного кора приводит к резкому увеличению размерности базиса многонуклонных оболочечных функций, что делает поиск собственных значений матрицы гамильтониана очень сложной вычислительной задачей. В последние годы благодаря прогрессу в области вычислительной техники стал возможным расчет ядер в рамках данной модели ядер вплоть до  $A = 16$ .

В подавляющем большинстве работ в качестве базисных используются собственные функции многочастичного осцилляторного гамильтониана, записанного в лабораторной системе координат. При проведении расчетов в этом базисе необходимо учитывать нефизическое движение центра масс, то есть отсеивать ложные состояния с ненулевыми колебаниями центра масс. Отсев ложных состояний представляет собой достаточно трудную задачу и обычно производится с помощью метода штрафных функций.

В данной работе проведены расчеты характеристик основных и первых возбужденных уровней легких ядер в рамках модели со всеми активными нуклонами с помощью оболочечного кода Antoine [2], модернизированного автором таким образом, чтобы использовать No Core Shell Model, и двухчастичного нуклон-нуклонного потенциала JISP16 [3]. Осцилляторный базис, используемый в расчетах, был ограничен заданным максимальным суммарным главным квантовым числом, равным  $N=6$  для ядер  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$  и  $N=4$  для  ${}^9\text{Be}$ . Результаты расчета приведены в таблице 1. Она демонстрирует удовлетворительное согласие теоретических результатов с экспериментальными данными. Исключение составляет состояние  $1/2^-$  ядра  ${}^9\text{Be}$ , обладающее, по всей видимости, ярко выраженными кластерными свойствами. При этом кластеры находятся достаточно далеко друг от друга, в связи с чем для его описания требуется чрезвычайно большой базис.

Таблица 1. Результаты расчета (theor.) и экспериментальные значения (exp.) спина и энергии (в МэВ) основных и первых возбужденных уровней  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^9\text{Be}$ .

${}^4\text{He}(\text{theor.})$		${}^4\text{He}(\text{exp.})$		${}^6\text{Li}(\text{theor.})$		${}^6\text{Li}(\text{exp.})$		${}^9\text{Be}(\text{theor.})$		${}^9\text{Be}(\text{exp.})$	
$J^\pi$	$E^*$	$J^\pi$	$E^*$	$J^\pi$	$E^*$	$J^\pi$	$E^*$	$J^\pi$	$E^*$	$J^\pi$	$E^*$
$0^+$	0.0	$0^+$	0.0	$1^+$	0.0	$1^+$	0.0	$3/2^-$	0.0	$3/2^-$	0.0
$0^+$	22.8	$0^+$	20.21	$3^+$	1.363	$3^+$	2.186	$5/2^-$	3.51	$5/2^-$	2.429
				$0^+$	2.941	$0^+$	3.563	$1/2^-$	7.25	$1/2^-$	2.780
				$2^+$	5.731	$2^+$	4.310	$7/2^-$	8.90	$7/2^-$	6.760
				$2^+$	6.528	$2^+$	5.366	$3/2^-$	10.5	$1/2^-$	7.940
				$1^+$	7.835	$1^+$	5.650				

#### Литература

1. *Caurier E. et al.* The shell model as a unified view of nuclear structure // Rev. Mod. Phys. 2005 V. 77 P.427.
2. *Caurier E., Nowacki F.* Present status of shell model techniques // Acta Physica Polonica B 1999 V. 30. P.705.
3. *Shirokov A. M et al.* NN Interaction JISP16: Current Status and Prospect // EPJ Web of Conf. 2010 V. 3 P. 9.