

РАДИУСЫ И СТРУКТУРА СФЕРИЧЕСКИХ АТОМНЫХ ЯДЕР

М. М. МИРАБУТАЛЫБОВ

Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия

г. Баку, пр. Азадлыг, 20

Дифференциальное сечение упругого рассеяния электронов и протонов на сферических ядрах вычислено в искаженно волновом приближении. Совместный анализ теоретических результатов позволяет более точно определить среднеквадратичные радиусы распределения протонов, нейтронов и толщину поверхностного слоя ядер. Изменение этих параметров в ядрах изотопов ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{124}Sn , а также изотопов ^{88}Sr , ^{90}Zr объясняется на основе модели независимых частиц и с помощью приложения теории ядерной материи к оболочечной модели.

Изучение среднеквадратичных радиусов (СКР) ядер и их изменений при добавлении нуклонов является одной из центральных тем последних лет в ядерной физике. Если зарядовый радиус характеризует ядро в целом, то изменение СКР при добавлении нуклонов связано как со структурой атомных ядер, так и с природой эффективных сил.

Целью работы является определение СКР распределения протонов и нейтронов в сферических ядрах путем одновременного анализа теоретических сечений упругого рассеяния электронов и протонов.

С помощью теории многократного рассеяния протонов [2] и с учетом трехпараметрических ферми-распределений плотности нуклонов проанализированы экспериментальные данные по упругому рассеянию протонов с падающей энергией ~ 1000 МэВ на ядрах $^{40}_{20}\text{Ca}$, $^{48}_{20}\text{Ca}$ [3], $^{88}_{38}\text{Sr}$ и $^{90}_{40}\text{Zr}$ [4]. Значения параметров для зарядовых распределений брались из результатов по упругому электрон-ядерному рассеянию [5] с падающей энергией ~ 250 МэВ. Параметры распределения плотности нейтронов подбирались по методу наименьших квадратов из требования наилучшего описания экспериментальных сечений по упругому рассеянию протонов на ядрах.

Структурные изменения в ядрах изотопов и изотопов в основном связываются с заполнением ядерных оболочек, и эти изменения происходят главным образом на поверхности ядер. Поэтому цель таких исследований в основном заключается в выявлении закономерностей в изменении распределения, как протонов, так и нейтронов при заполнении оболочек.

Анализируя результаты упругого рассеяния электронов и протонов на ряде сложных сферических ядер, обнаружено, что изменение ядерных параметров при переходе между изотопами и изотопами происходит неодинаково. При переходе от ядра $^{116}_{50}\text{Sn}$ к $^{118}_{50}\text{Sn}$ СКР протонного распределения увеличивается на 0,051 фм, в то время как нейтронный СКР уменьшается на 0,059 фм. При этом толщина поверхностного слоя ядерного вещества тоже уменьшается на 0,077 фм. Однако при переходе от ядра $^{118}_{50}\text{Sn}$ к $^{124}_{50}\text{Sn}$ все эти параметры увеличиваются на 0,022 фм для СКР протонного, на 0,151 фм для СКР нейтронного распределений и на 0,037 фм для толщины поверхностного слоя ядра.

При переходе от ядра $^{40}_{20}\text{Ca}$ к изотопу $^{48}_{20}\text{Ca}$ СКР протонного распределения уменьшается на 0,024 фм, а для

нейтронного – увеличивается на 0,145 фм, при этом толщина поверхностного слоя увеличивается на 0,028 фм.

Изменение этих параметров можно объяснить на основе модели независимых частиц и с помощью приложения теории ядерной материи к оболочечной модели.

Малое увеличение СКР протонного распределения при переходе от изотопа $^{116}_{50}\text{Sn}$ к $^{118}_{50}\text{Sn}$ можно объяснить тем, что добавленные два нейтрона занимают подоболочку $2d_{3/2}$ и замыкают ее, а угловой момент подоболочки $l = 2$ нового изотопа меньше, чем угловой момент заполненной протонной подоболочки $1g_{9/2}$ ($l=4$). Поэтому эти нейтроны выталкивают протоны в направлении поверхности ядра и увеличивают СКР протонного распределения. Уменьшение СКР нейтронного распределения и толщины поверхностного слоя можно объяснить так же, как и для протонов: замыканием подоболочки $2d_{3/2}$ при добавлении двух нейтронов, вследствие чего толщина поверхностного слоя и СКР нейтронного распределения уменьшаются по сравнению с соответствующими величинами предыдущих изотопов. Добавление шести нейтронов к $^{118}_{50}\text{Sn}$ приводит к тому, что начинает заполняться подоболочка $1h_{11/2}$ ($l=5$), поэтому толщина поверхностного слоя и СКР нейтронного распределения увеличиваются, а увеличение СКР протонного распределения идет медленнее. Что касается изотопов кальция, то добавление восьми нейтронов к магическому ядру $^{40}_{20}\text{Ca}$ приводит к тому, что начинает заполняться новая подоболочка $1f_{7/2}$ ($l=3$). Это ведет к резкому увеличению СКР нейтронного распределения и толщины поверхностного слоя.

Рассмотрим теперь изменение СКР и поверхностного параметра в ядрах изотопов. При переходе от ядра $^{88}_{38}\text{Sr}$ к $^{90}_{40}\text{Zr}$ СКР протонного распределения увеличивается на 0,003 фм, а нейтронного – на 0,098 фм. Толщина поверхностного слоя уменьшается на 0,066 фм. Незначительные изменения радиуса протонного распределения и уменьшение толщины поверхностного слоя опять приводят нас к заключению, что при добавлении двух протонов заполняется верхняя подоболочка $2p_{1/2}$. Увеличение СКР нейтронного распределения происходит за счет того, что угловой момент добавляемых протонов $2p_{1/2}$ ($l=1$) меньше, чем угловой момент нейтронной подоболочки $1g_{9/2}$ ($l=4$), и это приводит к существенному перераспределению нейтронов в ядре.

Такое изменение ядерных параметров с добавлением нейтронов и протонов хорошо объясняется приложением теории ядерной материи к эффектам незамкнутости оболочки: взаимодействию нуклонов внутри подоболочки, поляризации остова, спариванию добавляемых к подоболочке нуклонов.

В модели независимых частиц эта закономерность в изменениях СКР распределения протонов и нейтронов в ядрах объясняется тем, что в тяжелых ядрах существование нейтронного избытка приводит к неодинаковым средним потенциалам, действующим на нейтроны и протоны. Этот эффект, характеризующий более тонкие осо-

бенности структуры ядра, приводит к появлению потенциальной части энергии симметрии.

Таким образом, анализ экспериментальных работ по упругому рассеянию электронов на сферических ядрах приводит к заключению, что СКР протонного распределения для вышеперечисленных ядер расположены в следующих пределах: $\langle \Gamma_p^2 \rangle^{1/2} = (1, 0 \pm 0, 03) (2Z)^{1/3}$ фм, а нейтронные $\langle \Gamma_n^2 \rangle^{1/2} = (1, 01 \pm 0, 06) (2N-Z)^{1/3}$ фм. Из анализа результатов протонного рассеяния следует, что СКР распределения ядерной материи лежит в пределах: $\langle r_m^2 \rangle^{1/2} = 0, 92 A^{1/3}$ фм.

- [1] *Cuenter Plunien and Gerhard Soff.* Phys. Rev., 1996, A53, 4614.
 [2] *М.М.Мирабуталыбов.* Ученые записки, 1996, 4, 48-55, Азерб. ГНА, Баку.

- [3] *Г.Д. Алхазов и др.* Препринт ЛИЯФ № 155, 1975.
 [4] *Г.Д. Алхазов и др.* препринт ЛИЯФ № 244, 1976.
 [5] *А.В. Джавадов, М.М. Мирабуталыбов.* Известия АН СССР, 1978, сер. физ., 42, с.1875-1879.

М.М. Mirabutalibov

SFERİK ATOM NÜVƏLƏRİNİN QURULUŞU VƏ RADİUSLARI

Elektron və protonların sferik nüvələrdən səpilməsinin differensial effektiv kəsiyi təhrif olunmuş dalğalar yaxınlaşmasında hesablanmışdır. Hər iki səpilmə üçün nəzəri hesablamaların birlikdə analizi nüvələrdə proton və neytronların paylanması orta kvadratik radiusu və səth təbəqəsinin qalınlığını daha dəqiq tapmağa imkan verir. Bu parametrlərin izotop nüvələrdə ^{40}Ca , ^{48}Ca və ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{124}Sn , həmçinin izotonlarda ^{88}Sr , ^{90}Zr dəyişməsinin izahatı asılı olmayan zərrəciklər və təbəqəli nüvə modelinin köməyi ilə verilmişdir.

М.М. Mirabutalybov

NUCLEAR STRUCTURE AND RMS RADII

Differential cross-section of the elastic scattering of electrons and protons on the spherical nuclei has been calculated in the distorted wave approximation. The general analysis of both electron and proton theoretical results allows to determine more precisely the values of root mean square (RMS) radii protons and neutrons distributions, also, the thickness of nuclei. The change of these parameters in nuclei of isotopes ^{40}Ca , ^{48}Ca and ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{124}Sn as well as isotons ^{88}Sr , ^{90}Zr is explained by the models of independent particles and by means of application nucleus matter theory to the shell model.