

Параметры ядер при упругом фраунгоферовском и френелевском дифракционном рассеянии альфа-частиц

В настоящее время широко изучаются кластерные модели для описания структуры легких, средних и экзотических ядер [1-4]. Такие модели позволяют объяснить неравномерное распределение плотности ядерной материи, которая может проявляться в виде аномально больших радиусов, что подтверждается наличием гало [5] экзотических ядер или «рыхлости» ядра, с точки зрения динамического образования нуклонных ассоциаций внутри ядра. В работах [6-9] авторами представлены методы экспериментального обнаружения мультикластерной структуры, в частности, разложение угловых распределений дифференциальных сечений упругого дифракционного рассеяния на мультикластерные компоненты. А в работах [10, 11] изучение структуры 10-B, 11-B.

Как правило, извлечение радиусов в основном или в возбужденных состояниях ядер в дифракционных моделях извлекается из свободных параметров, значения которых описывают осцилляции дифракционных процессов фраунгоферовского типа. Френелевская дифракция наблюдается при выполнении условий $kR \gg 1$ и $n \gg 1$, что накладывает ряд ограничений на исследуемые ядра и нижний предел энергии налетающих частиц. Для наблюдения ядерной дифракции френелевского типа, помимо того, что длина волны налетающей частицы должна быть меньше радиуса ядра, параметр Зоммерфельда должен быть как можно больше 1. При этих условиях будет наблюдаться проявление френелевской ядерной дифракции, то есть интерференция между ядерным рассеянием и рассеянием в кулоновском поле. Дифракционные процессы фраунгоферовского типа наблюдаются при выполнении других условий $kR \gg 1$ и $n \sim 1$.

Для экспериментального изучения ядер в дифракционном упругом рассеянии заряженных частиц применялся теоретический подход параметризованного фазового анализа (ПФА), в рамках дифракционной теории, в форме разложения по парциальным волнам, которая в свою очередь является строгим математическим формализмом относительно упругого рассеяния. Выражение для амплитуды упругого рассеяния разложения по парциальным волнам в S-матричном представлении имеет вид

$$A(\theta) = \frac{1}{2ik} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) S_l e^{2i\sigma_l} P_l(\cos(\theta)),$$

где S-матрица задана в [12], остальные обозначения общеприняты. S-матрица задана таким образом, что ее свободные параметры чувствительны к дифракционному рассеянию, как на самом ядре, так и на его подструктурах.

В данной работе были проанализированы литературные экспериментальные данные упругого рассеяния альфа-частиц на средних и тяжелых ядрах в таком энергетическом диапазоне налетающих частиц, в котором могут наблюдаться одновременно два дифракционных процесса – фраунгоферовская и френелевская дифракции. В результате по значениям пяти свободных параметров S-матрицы вычислены радиусы и размытость края исследуемых ядер, которые хорошо согласуются с литературными значениями, полученными другими методами.

1. Zhusupov M A, Kabataeva R S, Kopenbaeva A S 2020 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 84(10) 1382-1385.
2. Kasparov A A et al. 2019 Phys. of elem. part. & atom. nucl. 50(5) 708-712.
3. Penionzhkevich Yu E 2019 Nuclear physics 82(3) 208-217.
4. Penionzhkevich Yu E and Kalpakchieva R G 2016 JINR 383.
5. Ogloblin A A 1991 Proc. Intern. Conf. on Nuclei, Foros. Singapore: World Sci. 36
6. Gridnev K.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V. 2014 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 78(7) 640.
7. Gridnev K.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V. 2015 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 79(7) 856.
8. Dyachkov V V, Zaripova Yu A, Yushkov A V, Zholdybayev T K and Kerimkulov Zh K 2017 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 81(10) 1174.
9. Zaripova Yu A, Dyachkov V V, Yushkov A V, Zholdybayev T K and Gridnev D K 2018 Int. J. of Mod. Phys. E. 27(2) 18500171 –185001716.
10. Nassurilla M., Burtebayev N., Sakuta S. et al. 2024 Universe 10 51.
11. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Karakozov B.K., et al. Acta Physica Polonica B 2021 14(4) 811-819.
12. Гончар В.Ю. 1969 ЯФ. Т.9, вып. 5. 987-996.

Section

Nuclear physics (Section 1)

Primary author: DYACHKOV, Vyacheslav (Faculty of Physics. Voronezh State University)

Presenter: DYACHKOV, Vyacheslav (Faculty of Physics. Voronezh State University)

Track Classification: The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”: Nuclear physics (Section 1)