REVIEW

by the foreign scientific supervisor of the doctoral dissertation of Shalkar Muratovich Kazhykenov entitled "Exotic states of nuclei with 1 p shell", submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) within the educational program "8D05308 – Nuclear Physics".

The PhD dissertation of Shalkar M. Kazhykenov is devoted to a fundamental theoretical investigation of the structure of light nuclei with open 1p shells and of nuclear reaction mechanisms used as probes of their internal structure. The work focuses on elastic and inelastic scattering of protons and deuterons, as well as nucleon transfer reactions involving the nuclei ^{13}C, ^{14}C, and ^{7}Li in the low-energy region near the Coulomb barrier.

The dissertation employs a methodologically consistent set of modern quantum-mechanical approaches to nuclear reaction analysis, including the optical model, the full-wave method, the distorted-wave Born approximation (DWBA), and coupled-channel formalisms (CC, CDCC, and CRC). Microscopic folding potentials are constructed using effective nucleon–nucleon interactions of the M3Y and CDM3Y6 types. The selection and systematic application of these methods are well justified and demonstrate a deep understanding of their physical content and limitations.

A substantial part of the dissertation is dedicated to the analysis of the $^{13}C+^{12}C$ system at energies near the Coulomb barrier. It is shown that an adequate description of the experimental angular distributions, particularly at large scattering angles, requires the inclusion of one-step neutron transfer. Within the DWBA framework, a self-consistent value of the spectroscopic amplitude for the $^{13}C \rightarrow {}^{12}C + n$ configuration is obtained, exhibiting only weak energy dependence. This result indicates the dominance of a single-step neutron transfer mechanism and is consistent with existing theoretical and experimental data.

The interaction of deuterons with the ^{13}C nucleus is investigated using the CDCC and CRC approaches, with a detailed analysis of deuteron breakup and nucleon transfer effects. The results demonstrate that channel coupling effects significantly modify the elastic scattering observables, highlighting the importance of a multichannel description for low-energy deuteron-induced reactions.

Special attention is given to the study of excited states of the ^{13}C nucleus with excitation energies of 3.09, 8.86, and 9.89 MeV. It is shown that the 3.09 MeV state has a predominantly single-particle $^{12}C + n$ structure, whereas the higher-lying states are characterized by a dominant $^{9}Be + \alpha$ cluster configuration. These findings have a clear physical interpretation and are in good agreement with modern concepts of light nuclear structure.

Within the full-wave method, elastic proton scattering on the nuclei ^{7}Li and ^{14}C in the low-energy region is also analyzed. It is demonstrated that the use of microscopic folding potentials allows for a consistent description of experimental differential cross sections and phase characteristics, with the imaginary part of the optical potential playing a crucial role in shaping the angular distributions.

Prof.Dr. İsmail BOZTOSUN

Overall, the PhD dissertation of Shalkar Muratovich Kazhykenov represents a logically complete and well-structured fundamental study carried out at a level that meets international standards for doctoral research in nuclear physics. I consider that the dissertation fully satisfies the requirements for the award of the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Nuclear Physics, and that its author deserves the conferment of the PhD degree.

Scientific supervisor:
Professor, PhD, Akdeniz University Boztosun I.

Prof.Dr. İsmail BOZTOSUN

Prof.Dr. İsmail BOZTOSUN

РЕЦЕНЗИЯ

на докторскую диссертацию Кажыкенова Шалкара Муратовича «Экзотические состояния ядер с 1p оболочками», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) в рамках образовательной программы «8D05308 — Ядерная физика», составленная иностранным научным руководителем.

Диссертация Кажыкенова Шалкара М. посвящена фундаментальному теоретическому исследованию структуры лёгких ядер с 1p оболочками, а также механизмов ядерных реакций, используемых в качестве зондов их внутренней структуры. Работа сосредоточена на упругом и неупругом рассеянии протонов и дейтронов, а также на реакциях передачи нуклонов с участием ядер ^{13}C, ^{14}C и ^{7}Li в области низких энергий вблизи кулоновского барьера.

В диссертации применяется методологически согласованный набор современных квантово-механических подходов к анализу ядерных реакций, включающий оптическую модель, метод полных волн, приближение искажённых волн Борна (DWBA), а также формализмы связанных каналов (CC, CDCC и CRC). Микроскопические фолдинговые потенциалы строятся с использованием эффективных нуклон-нуклонных взаимодействий типов M3Y и CDM3Y6. Выбор и систематическое применение указанных методов являются хорошо обоснованными и свидетельствуют о глубоком понимании их физического содержания и границ применимости.

Значительная часть диссертации посвящена анализу системы ^{13}C+^{12}C при энергиях вблизи кулоновского барьера. Показано, что адекватное описание экспериментальных угловых распределений, в особенности при больших углах рассеяния, требует учёта одношагового переноса нейтрона. В рамках подхода DWBA получено самосогласованное значение спектроскопической амплитуды для конфигурации $^{13}\mathrm{C} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + \mathrm{n}$, демонстрирующее слабую энергетическую зависимость. Данный результат указывает на доминирование механизма одношагового переноса нейтрона и согласуется с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными.

Взаимодействие дейтронов с ядром ^{13}C исследовано в рамках подходов CDCC и CRC с детальным анализом эффектов развала дейтрона и переноса нуклонов. Полученные результаты демонстрируют, что эффекты связи каналов существенно модифицируют наблюдаемые упругого рассеяния, подчёркивая необходимость многоканального описания реакций, индуцированных дейтронами при низких энергиях.

Особое внимание уделено изучению возбуждённых состояний ядра ^{13}C с энергиями возбуждения 3,09, 8,86 и 9,89 МэВ. Показано, что состояние с энергией 3,09 МэВ имеет преимущественно одночастичную конфигурацию $^{12}\mathrm{C} + \mathrm{n}$, тогда как высокорасположенные состояния характеризуются доминирующей кластерной конфигурацией $^{9}\mathrm{Be} + \alpha$. Полученные результаты допускают ясную физическую

интерпретацию и находятся в хорошем согласии с современными представлениями о структуре лёгких ядер.

В рамках метода полных волн также проведён анализ упругого рассеяния протонов на ядрах ^{7}Li и ^{14}C в области низких энергий. Продемонстрировано, что использование микроскопических фолдинговых потенциалов обеспечивает согласованное описание экспериментальных дифференциальных сечений и фазовых характеристик, при этом мнимая часть оптического потенциала играет определяющую роль в формировании угловых распределений.

В целом диссертация Кажыкенова Шалкара Муратовича представляет собой логически завершённое, хорошо структурированное фундаментальное исследование, выполненное на уровне, отвечающем международным стандартам научных работ в области ядерной физики. Считаю, что диссертация в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к присвоению степени доктора философии (PhD) по специальности «Ядерная физика», и что её автор заслуживает присуждения степени PhD.

Научный руководитель:

Профессор, PhD, Университет Акдениз БОЗТОСУН И.

/штамп; Проф., д-р Исмаил БОЗТОСУН/

/подпись/