

В книге изложены математические методы расчета дифференциальных сечений и фаз упругого рассеяния, энергии и характеристик связанных состояний в двухчастичных ядерных системах, когда потенциалы взаимодействия содержат не только центральную, но и тензорную компоненту. Приведены описания математических численных методов расчета и компьютерные программы на алгоритмическом языке "Бейсик" в среде компилятора TurboBasic. В некоторых случаях даны их модифицированные варианты для языка Fortran-90. Для численных решений исходных уравнений Шредингера использован конечно-разностный и вариационный методы, а также метод Рунге-Кутты с автоматическим выбором шага по заданной точности результатов. Приведено описание нестандартных методов решения системы уравнений Шредингера на связанные состояния и альтернативный методу Шмидта метод решения обобщенной матричной задачи на собственные значения. Книга может быть использована в качестве учебника по численным математическим методам для студентов и аспирантов физических специальностей ВУЗов.

Методы расчета ядерных характеристик



Сергей Дубовиченко

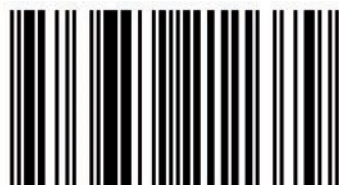
Методы расчета ядерных характеристик

Ядерные и термоядерные процессы



Сергей Дубовиченко

Академик Международной Академии Информатизации Казахстана, Академик Нью-Йоркской Академии наук, Член-корреспондент Российской Академии Естественных наук, Доктор физико-математических наук (Казахстан и Россия), Член Европейского физического общества, Главный научный сотрудник Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан.



978-3-659-21137-9

Дубовиченко

LAP **LAMBERT**
Academic Publishing

Сергей Дубовиченко

Методы расчета ядерных характеристик

Сергей Дубовиченко

**Методы расчета ядерных
характеристик**

Ядерные и термоядерные процессы

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum / ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@lap-publishing.com

Herstellung in Deutschland (siehe letzte Seite) /

Напечатано в России (см. последнюю страницу)

ISBN: 978-3-659-21137-9

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2012 AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2012

СОДЕРЖАНИЕ

<i>ПРЕДИСЛОВИЕ</i>	5
<i>ВВЕДЕНИЕ</i>	7
1. УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА С ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ	13
1.1 Общие методы решения уравнения Шредингера	13
1.1.1 Центральные действительные потенциалы	13
1.1.2 Центральные комплексные потенциалы	18
1.2 Численные методы решения уравнения Шредингера	22
1.2.1 Центральные действительные потенциалы	22
1.2.2 Центральные комплексные потенциалы	24
1.2.3 Метод Рунге- Кутты для центральных действительных потенциалов.....	25
1.2.4 Методы расчета кулоновских фаз.....	28
1.2.5 Методы расчета кулоновских функций.....	35
1.3 Программа расчета фаз рассеяния для центральных.....	43
действительных потенциалов.....	43
1.5 Программа расчета фаз рассеяния для центральных комплексных потенциалов.....	58
2 СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛОВ С ТЕНЗОРНОЙ КОМПОНЕНТОЙ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ	67
2.1 Общие методы решение системы уравнений Шредингера	67
2.2 Численные методы решения системы уравнений Шредингера	72
2.3 Физические характеристики рассеяния при низких энергиях	79
2.3.1 Центральные потенциалы.....	79
2.3.2 Потенциалы с тензорной компонентой	84

2.4 Программа расчета ядерных фаз рассеяния для потенциалов с тензорной компонентой	86
3. УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА С ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ В ДИСКРЕТНОМ СПЕКТРЕ	97
3.1 Общие методы решения уравнения Шредингера	97
3.2 Физические характеристики связанных состояний.....	99
3.3 Вариационные методы решения уравнения Шредингера	104
3.4 Методы решения обобщенной задачи на собственные значения.....	107
3.5 Вариационная программа решения уравнения Шредингера	119
3.6 Численные методы решения уравнения Шредингера	149
3.6.1 Методы расчета Гамма функции.....	152
3.6.2 Методы расчета функций Уиттекера.....	153
3.7 Численная программа решения уравнения Шредингера	156
4. СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ШРЕДИНГЕРА В ДИСКРЕТНОМ СПЕКТРЕ ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛОВ С ТЕНЗОРНОЙ КОМПОНЕНТОЙ.....	179
4.1 Общие методы решение уравнения Шредингера	179
4.2 Физические результаты для связанных состояний	181
4.3 Численные методы решения системы уравнений Шредингера	186
4.4 Численная программа решения уравнения Шредингера	188
5. СЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	199
5.1 Система частиц с нулевым полным спином	199
5.2 Система частиц с полным спином 1/2	208
5.3 Система частиц с единичным полным спином	216
5.4 Система частиц с единичным спином и тензорными силами	229

5.5 Нетождественные частицы со спином $1/2$	242
5.6 Нетождественные частицы со спином $1/2$ и спин - орбитальными силами.....	248
5.7 Нетождественные частицы со спином $1/2$, спин - орбитальными силами и смешиванием триплет - синглетных состояний.....	254
6. ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ	265
6.1 Система частиц с нулевым спином.....	265
6.2 Система частиц с полным спином $1/2$	285
6.3 Нетождественные частицы с полуцелым спином	311
6.4 Частицы с полуцелым спином и синглет - триплетным смешиванием.....	320
7. СЕЧЕНИЯ ФОТОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ	351
7.1 Векторные соотношения	351
7.2 Фоторазвал и радиационный захват.....	353
7.3. Программа расчетов фотоядерных процессов.....	358
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	403
БЛАГОДАРНОСТИ	405
ЛИТЕРАТУРА	407

Рецензенты

Академик Международной Инженерной Академии
Республики Казахстан, доктор физико-математических наук,
профессор **Айдарханов М.Б.**,

академик Международной Академии Информатизации
Республики Казахстан, доктор физико-математических наук,
профессор **Чечин Л.М.**,

академик, первый вице-президент Международной Академии
Информатизации Республики Казахстан, доктор технических
наук, профессор **Цеховой А.Ф.**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Множество задач теоретической ядерной физики низких и сверхнизких, т.е. астрофизических энергий и ядерной астрофизики [1,2], особенно в области легких атомных ядер, требует умения решать уравнение Шредингера или связанную систему уравнений такого типа. Результатом решения является волновая функция, которая описывает квантовое состояние некоторой системы ядерных частиц и, в принципе, содержит всю информацию о таком состоянии.

Существует довольно много различных математических методов решения дифференциальных уравнений или их систем второго порядка, которым является уравнение Шредингера. Однако в математической литературе обычно приводятся довольно абстрактные методы решений таких уравнений, которые бывает достаточно сложно применить для решения конкретного уравнения, типа уравнения Шредингера. Проблему обычно составляет выбор оптимального математического метода, применимого для рассмотрения определенных задач, основанных на решениях уравнения Шредингера.

Именно решению этих проблем посвящена данная книга, которая описывает некоторые математические методы, непосредственно применимые для нахождения волновых функций из решений уравнения Шредингера или систем таких уравнений в задачах ядерной физики низких энергий и ядерной астрофизики. Рассматриваются численные математические и вариационные методы решений, применимые в задачах дискретного и непрерывного спектра состояний ядерных частиц и позволяющие получать конечные результаты практически с любой заданной точностью.

На основе этих методов рассматривается возможность написания компьютерных программ на языке Basic для компилятора TurboBasic фирмы Borland и более современном языке

Fortran-90, которые реально позволяют решать все рассмотренные здесь задачи при низких и сверхнизких энергиях. К таким задачам относятся вариационные методы, применяемые в фазовом анализе при рассеянии ядерных частиц с разным спином, нахождение полных сечений фотоядерных реакций на легких атомных ядрах и термоядерных процессов [3], состояния взаимодействующих квантовых частиц, когда в ядерном потенциале присутствует тензорная компонента и т.д.

Автор надеется, что данная книга, в какой-то степени, сможет восполнить пробел, существующий в имеющейся литературе по описанию математических и численных методов и подходов, алгоритмов и компьютерных программ, используемых для решения определенного круга задач ядерной физики и ядерной астрофизики для легких атомных ядер, низких и сверхнизких энергий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный здесь альтернативный метод нахождения собственных значений обобщенной матричной задачи, возникающей при использовании вариационных методов решения уравнения Шредингера с неортогональным базисом, демонстрирует свою полную работоспособность, избавляя от неустойчивостей существующих при нахождении обратных матриц в методе ортогонализации по Шмидту.

Предложенные алгоритмы применения численных методов для нахождения частных решений общей многопараметрической вариационной задачи для функционала χ^2 , который определяет точность описания экспериментальных данных на основе выбранного теоретического представления, позволяет вполне однозначно определять фазы рассеяния ядерных частиц. В результате методы и алгоритмы поиска локальных минимумов многопараметрической вариационной задачи позволили получить новые физические результаты для фазового анализа в упругом ${}^4\text{He}{}^4\text{He}$ рассеянии при 49.9 МэВ. Найденные, таким образом, фазы рассеяния хорошо описывают экспериментальные сечения упругого рассеяния и вполне согласуются с общим ходом ${}^4\text{He}{}^4\text{He}$ фаз в этой области энергий.

Предложенная комбинация численных и вариационных методов, которая используется для решения системы уравнений Шредингера в задаче на связанные состояния с тензорными силами, позволяет получить полностью устойчивые решения, контролируемые на основе невязок. Использование многопараметрического вариационного метода для решения обратной задачи рассеяния, рассматриваемой на основе системы уравнений Шредингера, в том числе, с тензорными силами, который применяется для построения ядерных потенциалов, позволяет вполне однозначно определять значения параметров таких межкластерных взаимодействий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает большую признательность Блохинцеву Л.Д., Ишханову Б.С., Неудачину В.Г. (Научно-исследовательский институт ядерной физики, МГУ им. М. Ломоносова, Москва), Босс Э.Г. и Часникову И.Я. (Физико-технический институт, Алматы), Буртебаеву Н.Т. и Дуйсебаеву А.Д. (Институт ядерной физики, Алматы), Страковскому И.И. и Парке В.С. (Ядерный центр Вашингтонского университета, Вашингтон), Узикову Ю.Н. (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна), Кобушкину А.П. (Институт теоретической физики им. Боголюбова, Украина), Бурковой Н.А. (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы) за многочисленные и исключительно полезные обсуждения некоторых вопросов, затронутых в работе.

А так же Джазаирову-Кахраманову А.В. (Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы) за помощь в проведении численных расчетов и обсуждении отдельных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ядерная астрофизика / Под. ред. Ч. Барнса, Д. Клейтона, Д. Шрама. М., Мир, 1986. 519с.
2. Дубовиченко С.Б. Избранные методы ядерной астрофизики. Изд. второе, исправленное и дополненное. Saarbrucken, Germany, Lambert Acad. Publ. GmbH&Co. KG, 2012, 358с.
3. Дубовиченко С.Б. Термоядерные процессы Вселенной. Серия "Казахстанские космические исследования. Т.7". Алматы, А-три, 2011, 402с.; <http://arxiv.org/abs/1012.0877>.
4. Дубовиченко С.Б. Свойства легких атомных ядер в потенциальной кластерной модели. Алматы, Каз. Гос. ИНТИ, 1998, №8172-Ка98, 332с. (Реферат опубликован в сборнике "Депонированные научные работы", Каз. Гос. ИНТИ, Алматы, 1998, № 3, с.24-25).
5. Дубовиченко С.Б. Свойства легких атомных ядер в потенциальной кластерной модели. Издание второе, исправленное и дополненное. Алматы, Данекер, 2004, 247с.
6. Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф. Нуклонные ассоциации в легких ядрах. М., Наука, 1969, 414с.
7. Вильдермут Л., Тан Я. Единая теория ядра. М., Мир, 1980, 502с. (Wildermuth K., Tang Y.C. A unified theory of the nucleus, Vieweg. Braunschweig, 1977).
8. Немец О.Ф., Неудачин В.Г., Рудчик А.Т., Смирнов Ю.Ф., Чувильский Ю.М. Нуклонные ассоциации в атомных ядрах и ядерные реакции многонуклонных передач. Киев, Наукова Думка, 1988, 488с.
9. Neudatchin V.G., Kukulin V.I., Boyarkina A.N., Korennoy V.P. A microscopic substantiated optical potential for αt system including nucleon exchange // Lett. Nuovo Cim., 1972, V.5, P.834-838.
10. Neudatchin V.G., Kukulin V.I., Korotkikh V.L., Korennoy V.P. A microscopically substantiated local optical potential for $\alpha\alpha$ scattering // Phys. Lett., 1971, V.34B, P.581-583.
11. Kurdyumov I.V., Neudatchin V.G., Smirnov Y.F., Korennoy V.P.

The high energy limit for the αd form factors in the ${}^6\text{Li}$ nuclei // Phys. Lett., 1972, V.40B, P.607-610.

12. Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф. Запрещенные состояния в системах двух и трех составных частиц // Современные вопросы оптики и атомной физики. Киев, Киевский Гос. Университет, 1974, С.225-241.

13. Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф. Взаимодействие составных частиц и принцип Паули // ЭЧАЯ 1979, Т.10, С.1236-1255.

14. Неудачин В.Г., Сахарук А.А., Смирнов Ю.Ф. Обобщенное потенциальное описание взаимодействия легчайших кластеров - рассеяние и фотоядерные реакции // ЭЧАЯ 1992, Т.23, С.480-541.

15. Дубовиченко С.Б., Кукулин В.И., Сазонов П.Б. Структура ядер ${}^{6,7}\text{Li}$ в кластерной модели на основе потенциалов с запрещенными состояниями // Теория квантовых систем с сильным взаимодействием. Калинин, КГУ, 1983, С.65-79.

16. Дубовиченко С.Б., Мажитов М. Вариационные расчеты ядер ${}^{6,7}\text{Li}$ в кластерных моделях для потенциалов с запрещенными состояниями // Изв. АН Каз. ССР сер. физ.-мат., 1987, № 4, С.55-64.

17. Дубовиченко С.Б., Мажитов М. Неортогональный вариационный базис в задаче двух тел // Материалы научной конференции молодых ученых Каз.ГУ. Деп. Каз. Гос. НИИНТИ, Алма-Ата, 1987, №. 1665, С.1729-1735.

18. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Потенциальное описание кластерных каналов лития // ЯФ 1993, Т.56, №2, С.87-98.

19. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Кулоновские формфакторы ядер лития в кластерной модели на основе потенциалов с запрещенными состояниями // ЯФ 1994, Т.57, № 5, С.784-791.

20. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Фотопроцессы на ядрах ${}^7\text{Li}$ и ${}^7\text{Be}$ в кластерной модели для потенциалов с запрещенными состояниями // ЯФ 1995, Т.58, С.635-641.

21. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Фотопроцессы на ядре ${}^6\text{Li}$ в кластерных моделях для потенциалов с запрещенными состояниями // ЯФ 1995, Т.58, С.852-859.

22. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Электромагнитные эффекты в легких ядрах на основе потенциальной кластерной модели // ЭЧАЯ 1997, Т.28, С.1529-1594.

23. Frick R. et al. Strong tensor term in the optical potential for 20 MeV // Phys. Rev. Lett., 1980, V.44, P.14-16.

24. Nishioka H., Tostevin J.A., Johnson R.C. Deformation effects in aligned ${}^6\text{Li}$ scattering // Phys. Lett., 1983, V.124B, P.17-20.

25. Merchant A.C., Rowley N. Alpha - deuteron cluster model of ${}^6\text{Li}$ including tensor forces // Phys. Lett., 1985, V. B150, P.35-40.

26. Kukulin V.I., Krasnopol'sky V.M., Voronchev V.T., Sazonov P.B. Detailed study of the cluster structure of light nuclei in a three-body model. I. Ground state of ${}^6\text{Li}$ // Nucl. Phys., 1984, V.A417, P.128-156.

27. Kukulin V.I., Krasnopol'sky V.M., Voronchev V.T., Sazonov P.B. Detailed study of the cluster structure of light nuclei in a three-body model. II. The spectrum of low - lying of nuclei with $A=6$ // Nucl. Phys., 1986, V.A453, P.365-388.

28. Kukulin V.I., Voronchev V.T., Каиров Т.Д., Ерамзьян Р.А. Detailed study of the cluster structure of light nuclei in a three-body model. III. Electromagnetic structure of ${}^6\text{Li}$ // Nucl. Phys., 1990, V.A517, P.221-263.

29. Lehman D.R., Parke W.C. Shell structure of the $A=6$ ground states from three-body dynamics // Phys. Rev., 1983, V.C28, P.364-382.

30. Lehman D.R., Parke W.C. $A=6$ structure from three-body dynamics // Phys. Rev. Lett., 1983, V.50, P.98-101.

31. Lehman D.R. Excluded bound state in the $S_{1/2}$ $N^4\text{He}$ interaction and the three-body binding energies of ${}^6\text{He}$ and ${}^6\text{Li}$ // Phys. Rev., 1982, V.C25, P.3146-3154.

32. Искра В., Мазур А.И., Неудачин В.Г., Нечаев Ю.И., Смирнов Ю.Ф. Интерференция различных потенциальных амплитуд во взаимном рассеянии легчайших кластеров // УФЖ 1988, Т.32, С.1141-1147.

33. Искра В., Мазур А.И., Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф. Возможности потенциального описания взаимного рассеяния легчайших кла-

стеров // ЯФ 1988, Т.48, С.1674-1683.

34. Неудачин В.Г., Померанцев В.Н., Сахарук А.А. Потенциальное описание фотоядерных реакций ${}^3\text{He}\gamma \rightarrow \text{p}^2\text{H}$ и ${}^3\text{He}^2\text{H} \rightarrow {}^5\text{Li}\gamma$ // ЯФ 1990, Т.52, С.738-744.

35. Кукулин В.И., Неудачин В.Г., Померанцев В.Н., Сахарук А.А. Обобщенное потенциальное описание взаимного рассеяния легчайших кластеров на примере систем p^2H и ${}^2\text{H}^3\text{He}$ // ЯФ 1990, Т.52, С.402-411.

36. Дубовиченко С.Б., Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф., Сахарук А.А. Обобщенное потенциальное описание взаимодействия легчайших ядер pt и ph // Изв. АН СССР сер. физ., 1990, Т.54, С.911-916.

37. Neudatchin V.G., Kukulin V.I., Pomerantsev V.N., Sakharuk A.A. Generalized potential - model description of mutual scattering of the lightest p^2H , ${}^2\text{H}^3\text{He}$ nuclei and the corresponding photonuclear reactions // Phys. Rev., 1992, V.C45, P.1512-1527.

38. Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., Dubovichenko S.B. Photodisintegration of ${}^4\text{He}$ and supermultiplet potential model of cluster - cluster interaction // Few Body Sys., 1995, V.18, P.159-172.

39. Neudatchin V.G., Kukulin V.I., Pomerantsev V.N., Sakharuk A.A. The generalized potential model description of p^2H and ${}^2\text{H}^3\text{He}$ scattering // Phys. Lett., 1991, V.B255, P.482-486.

40. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Потенциальное описание процессов упругого Nd , dd , Na и dt рассеяния // ЯФ 1990, Т.51, С.1541-1550.

41. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Потенциальное описание упругого Nt и Nt рассеяния // ЯФ 1993, Т.56, С.45-56.

42. Дубовиченко С.Б. Фотопроцессы в Nd и d^3He системах на основе кластерных моделей для потенциалов с запрещенными состояниями // ЯФ 1995, Т.58, С.1253-1259.

43. Дубовиченко С.Б. Фотопроцессы в dd канале ядра ${}^4\text{He}$ на основе потенциальной кластерной модели // ЯФ 1995, Т.58, С.1973-1979.

44. Дубовиченко С.Б. Фотопроцессы в $r^3\text{H}$ и $p^3\text{He}$ каналах ядра ^4He на основе потенциальных кластерных моделей // ЯФ 1995, Т.58, С. 1377-1384.
45. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В., Сахарук А.А. Потенциальное описание упругого $N^6\text{Li}$ и αt рассеяния // ЯФ 1993, Т.56, № 8, С.90-106.
46. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Потенциальное описание упругого $\alpha\alpha$, $d^6\text{Li}$ и $N^7\text{Li}$ рассеяния // ЯФ 1992, Т.55, № 11, С.2918-2926.
47. Дубовиченко С.Б. Фотопроцессы в $^4\text{He}^{12}\text{C}$ канале ядра ^{16}O на основе потенциальной кластерной модели // ЯФ 1996, Т.59, № 3, С. 447-453.
48. Дубовиченко С.Б. - Фоторазвал ядра ^7Li в $p^6\text{Li}$ канал в потенциальной кластерной модели с запрещенными состояниями // ЯФ 1997, т.60, №2, С.254-258.
49. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., Физ.-мат. лит., 1976, 575с.
50. Абрамовиц И.Г. и др. Справочная математическая библиотека. Математический анализ. Дифференцирование и интегрирование. М., Физ.-мат. лит., 1961, 350с.
51. Копченова И.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах. М., Физ.-мат. лит., 1972, 366с.
52. Маделунг Э. Математический аппарат физики. М., Физ.-мат. лит., 1968, 618с.
53. Троицкий В.А. Инженерные расчеты на ЭВМ. Л., Машиностроение, 1979, 287с.
54. Джеффирс Г., Свирлс Б. Методы математической физики. М., Мир, 1970, 350с.
55. Бабич В.М., и др. Справочная математическая библиотека. Линейные уравнения математической физики. М., Наука, 1964, 367с.
56. Мэтьюз Дж., Уокер Р. Математические методы физики. М., Атомиздат, 1972, 398с.

57. Загуский В.Л. Справочник по численным методам решения уравнений. М., Физ.-мат. лит., 1960, 215с.
58. Мелентьев П.В. Приближенные вычисления. М., Физ.-мат. лит., 1962, 387с.
59. Демидович Б.П., Марон И.Ф. Основы вычислительной математики, М., Наука, 1966, 664с.
60. Ходгсон П.Е. Оптическая модель упругого рассеяния. М., Атомиздат, 1966, 230с. (Hodgson P.E. The optical model of elastic scattering, Oxford, Clarendon Press, 1963).
61. Марчук Г.И., Колесов В.Е. Применение численных методов для расчета нейтронных сечений. М., Атомиздат, 1970, 304с.
62. Хюльтен Л., Сугавара М. Проблема взаимодействия двух нуклонов // Структура атомного ядра, М., ИЛ, 1959, С.9. (Structure of atomic nuclei, Ed. Flugge S., Springer – Verlag, Berlin - Gottingen – Heidelberg, 1957).
63. Мотт Н., Мессис Г. Теория атомных столкновений. М., Мир. 1969, 756с. (Mott N., Massy H. The theory of atomic collisions, Oxford, Claren Press, 1965).
64. Браун Д.Е., Джексон А.Д. Нуклон - нуклонные взаимодействия. М., Атомиздат, 1979, 246с. (Brown G.E., Jackson A.D. The nucleon - nucleon interaction, North - Holland Publishing Company, Amsterdam, 1976).
65. Никитиу Ф. Фазовый анализ. М., Мир, 1983, 416с.
66. Бейтмен Г., Эрдейн А. Справочная математическая библиотека. Высшие трансцендентные функции. Т.2. М., Наука, 1968, 295с.
67. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. М., Физ.-мат. лит., 1963, 358с.
68. Дубовиченко С.Б. Программа расчета действительных фаз ядерного рассеяния // Вестник Каз.ГАСА, Алматы, 2003, №9/10, С.220-227.
69. Дубовиченко С.Б. Компьютерная программа и методы расчета комплексных фаз ядерного рассеяния // Тезисы докл. Вычислительные

и информационные технологии в науке, технике и образовании, Каз.НУ, Алматы, Казахстан, 6-10 октября 2004, http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.shtml?ru+110+7834+S.

70. Дубовиченко С.Б., Чечин Л.М. Численные методы решения уравнения Шредингера // Вестник АГУ, физ.-мат. сер., Алматы, 2004, №9, С.82-87.

71. Попов Б.А., Теслер Г.С. Вычисление функций на ЭВМ. Киев, Наукова думка, 1984, 598с.

72. Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики. Киев, 1970, 792с.

73. Дымарский Я.С. и др. Справочник программиста. Л., 1963, 628с.

74. Положий Г.Н. и др. Математический практикум. М., Физ. - мат. лит., 1960, 512с.

75. Данилина Н.И. и др. Численные методы. М., Высшая школа, 1976, 368с.

76. Янке Е., Емде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М., Наука, 1968, 344с. (Janke - Emde - Losch. Tafeln hoherer funktionen, Stuttgart, 1960).

77. Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимация. М., Мир, 1980, 608с.

78. Melkanoff M. A fortran program for elastic scattering analysis with nuclear optical model // Univ. California Pres., Berkley, Los Angeles, 1961, 116p.

79. Lutz H.F., Karvelis M.D. Numerical calculation of coulomb wave functions for repulsive coulomb fields // Nucl. Phys., 1963, V.43, P.31-44.

80. Melkanoff M. Nuclear optical model calculations. Meth. in Comput. Phys., Acad. press, N-Y, 1966, V.6, P.1-80.

81. Gody W.J., Hillstrom K.E. Chebyshev approximations for the coulomb phase shifts // Meth. Comput., 1970, V.111, P.671-677.

82. Smith W.R. Nuclear penetrability and phase shift subroutine // Usics Communs., 1969, V.1, P.106-112.

83. Froberg C.E. Numerical treatment of Coulomb wave functions // *Rev. Mod. Phys.*, 1955, V.27, P.399-411.
84. Abramowitz M. Tables of Coulomb wave function. v.1, Washington, N.B.S., 1952, 141p.
85. Barnet A., et al. Coulomb wave function for all real η and ρ // *Comput. Phys. Comm.*, 1974, V.8, P.377-395.
86. Данилов В.Л. и тд. Справочная математическая библиотека. Математический анализ. Функции, пределы, цепные дроби. М., Физ.-мат. лит., 1961, 439с.
87. Кузнецов Д.С. Специальные функции. М., Высшая школа, 1965, 272с.
88. Дубовиченко С.Б., Чечин Л.С. Методы расчета кулоновских функций и фаз рассеяния // *Вестник АГУ, физ.-мат. сер.*, Алматы, 2003, Т.1(7), С.115-122.
89. Абрамовиц М. Справочник по специальным функциям. М., Наука, 1979, 830с. (*Handbook of mathematical functions*. Edit. M. Abramowitz and I. Stegun? NBS., 1964).
90. Дубовиченко С.Б. Некоторые версии Алгоритмического языка БЕЙСИК. // УЭиП, Алматы, 2001, 166с.
91. Дубовиченко С.Б., Жусупов М.А. К вопросу о вычислении кулоновских волновых функций // *Взаимодействие излучения с веществом*, Алма - Ата, КазГУ, 1980, С.99-104.
92. Дубовиченко С.Б., Жусупов М.А. О вычислении кулоновских фаз рассеяния // *Изв. АН Каз. ССР сер. физ. - мат.*, 1981, № 6, С.24-26.
93. Reid R.V. Local phenomenological nucleon - nucleon potentials // *Ann. Phys.*, 1968. V.50. P.411-448.
94. Schmelzbach P., Gruebler W., Konig V., Marmier P. Phase shift analysis of $^2\text{H}^4\text{He}$ elastic scattering // *Nucl. Phys.*, 1972, V.A184, P.193-213.
95. McIntair L., Haeberli W. Phase shift analysis of $^2\text{H}^4\text{He}$ scattering // *Nucl. Phys.*, 1967, V.A91, P.382-398.
96. Bruno M., Cannata F., D'Agostino M., Maroni C., Massa I. Experimental study on low energy $^2\text{H}(^4\text{He}, ^4\text{He})^2\text{H}$ elastic scattering // *INFN*,

Italy, Bologna, 1981, AE-81/9, 15P.

97. Jenny B., Gruebler W., Konig V., Schmelzbach P.A., Schweizer C. Phase shift analysis of $d\alpha$ elastic scattering between 3 and 43 MeV // Nucl. Phys., 1983, V.A397, P.61-101.

98. Darriulat P., Garreta D., Tarrats A., Arvieux J. Phase shift analysis of ${}^4\text{He}^2\text{H}$ scattering between 10 and 27 MeV // Nucl. Phys., 1967, V.A94, P.653-662.

99. Darriulat P., Igo G., Pugh G., Holmsgren H.D. Elastic scattering of alpha particles by helium between 53 and 120 MeV // Phys. Rev., 1965. V.137, P.B315.

100. Keller L., Haeberli W. Vector polarization measurements and phase shift analysis for ${}^2\text{H}^4\text{He}$ scattering between 3 and 11 MeV // Nucl. Phys., 1970, V.A156, P.465-476.

101. Барит И.Я., Бровкина Л.Н., Дулькова Л.С., Краснопольский В.М., Кузнецова Е.В., Кукулин В.И. Фазовый анализ низкоэнергетического ${}^2\text{H}^4\text{He}$ рассеяния и извлечение аналитической S-матрицы из экспериментальных данных // Препринт ИЯИ, Москва, 1987, №П-0513, 38с.

102. Barnard A.C., Jones C.M., Phillips G.C. The scattering of ${}^3\text{He}$ by ${}^4\text{He}$ // Nucl. Phys., 1964, V.50, P.629-640.

103. Spiger R., Tombrello T.A. Scattering of ${}^3\text{He}$ by ${}^4\text{He}$ and ${}^4\text{He}$ by ${}^3\text{H}$ // Phys. Rev., 1967, V.163, P.964-984.

104. Ivanovich M., Young P.G., Ohlsen G.G. Elastic scattering of several hydrogen and helium isotopes from tritium // Nucl. Phys., 1968, V.A110, P.441-462.

105. Tilley D.R. et al. Energy level of light nuclei. $A=8,9,10$ // Nucl. Phys., 2004. V.A745. P.155-363.

106. Van Niftrik G., Brokman K., Van Oers W. Elastic scattering of 51 MeV alpha particles from helium // Congr. Int. Phys. Nucl. Patis. 1964, V.2, P.858-860.

107. Дубовиченко С.Б. Методы расчета и компьютерная программа для вычисления ядерных фаз упругого рассеяния в по-

тенциалах с тензорной компонентой // Деп. Каз. Гос. ИНТИ, Алматы, 1997, №7542 - Ка97, 28с.

108. Дубовиченко С.Б., Неронов В.С. Методы расчета ядерных фаз упругого рассеяния и энергий связанных состояний частиц в потенциалах с тензорной компонентой. // Вестник Каз.АТиСО, 2006, №2, 20с.

109. Кукулин В.И., Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф., Эль-Ховари Р. Роль принципа Паули в формировании оптических потенциалов // Изв. АН СССР, сер. физ., 1974, Т.38, С.2123-2128.

110. Kukulin V.I. Latest achievements in dynamic calculations for light nuclei // Few Body Systems, Suppl, 1995, V.9, P.259-262.

111. Plattner G.R., Viollier R.D. Coupling constants of commonly used nuclear probes // Nucl. Phys. 1981. V.A365. P.8-12.

112. Plattner G.R., Bornard M., Alder K. Model independent information on αd clustering in ${}^6\text{Li}$ // Phys. Lett., 1976, V.61B, P.21-24.

113. Bornard M., Plattner G.R., Viollier R.D., Alder K. Coupling constants for several light nuclei from a dispersion analysis of nucleon and deuteron scattering amplitudes // Nucl. Phys., 1978, V.A294, P.492-512.

114. Lim T. ${}^4\text{He}$ - dd vertex constant and normalization // Phys. Rev., 1976, V.C14, P.1243-1244.

115. Lim T. The ${}^6\text{Li}$ - αd vertex constant // Phys. Lett., 1975, V.56B, P.321-324.

116. Lim T. αd cluster structure of ${}^6\text{Li}$ // Phys. Lett., 1973, V.47B, P.397-398.

117. Tombrello T., Parker P.D. Direct - capture model for the ${}^3\text{He}({}^4\text{He},\gamma){}^7\text{Be}$ and ${}^3\text{H}({}^4\text{He},\gamma){}^7\text{Li}$ reactions // Phys. Rev., 1963, V.131, P.2578-2589.

118. Mertelmeir T., Hofmann H.M. Consistent cluster model description of the electromagnetic properties of lithium and beryllium nuclei // Nucl. Phys., 1986, V.A459, P.387-416.

119. Buck B., Baldock R.A., Rubio J.A. Cluster model of $A=7$ nuclei and the astrophysical S factors for ${}^3\text{He}({}^4\text{He},\gamma){}^7\text{Be}$ at zero energy // J. Phys.,

1985, V.11G, P.L11-L16.

120. Buck B., Merchant A.C. Cluster model of $A=7$ nuclei revisited, and the astrophysical S factors for ${}^3\text{He}({}^4\text{He},\gamma){}^7\text{Be}$ and ${}^3\text{H}({}^4\text{He},\gamma){}^7\text{Li}$ at zero energy // J. Phys., 1988, V.14G, P.L211-216.

121. Ахиезер А.И., Ситенко А.Г., Тартаковский В.К. Электродинамика ядер. Киев. Наукова Думка, 1989, 423с.

122. Bergstrom J.C. Inelastic electron scattering from ${}^6\text{Li}$ near the ${}^3\text{H}{}^3\text{He}$ threshold // Nucl. Phys., 1980, V.A341, P.13-20.

123. Дубовиченко С.Б. Вычисление некоторых электромагнитных характеристик двух-, трех-, и четырех- кластерных систем // Радиационная физика твердого тела, Алма-Ата, 1993, С.29-40.

124. Варшалович Д.А., Москалев А.Н., Херсонский В.К. Квантовая теория углового момента. Л., Наука, 1975, 436с.

125. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Справочная математическая библиотека. Матрицы и вычисления. М., Физ.-мат. лит., 1984, 318с.

126. Дубовиченко С.Б., Чечин Л.С. Вариационные методы решения уравнения Шредингера // Вестник АГУ, физ.-мат. сер., Алматы, 2003, Т.2(8), С.50-58.

127. Дубовиченко С.Б., Чечин Л.С. Методы решения обобщенной задачи на собственные значения // Вестник АГУ, физ.-мат. сер., Алматы, 2003, Т.1(7), С.110-115.

128. Скорняков Л.А. Справочная математическая библиотека. Общая алгебра. М., Наука, 1990, 591с.

129. Мишина А.П., Проскураков И.В. Высшая алгебра. М., Физ.-мат. лит., 1962, 300с

130. Дубовиченко С.Б., Чечин Л.С. Конечно - разностные методы решения уравнения Шредингера // Вестник АГУ, физ.-мат. сер., Алматы, 2003, Т.2(8), С.58-66.

131. Буркова Н.А. (private communication).

132. Кукулин В.И. Стохастический метод оптимизации базиса для вариационных расчетов многочастичных систем // Изв. АН СССР Сер. Физ., 1975, Т.39, С.535-542.

133. Kukulín V.I., Pomerantsev V.N., Cooper S.G., Dubovichenko S.B. Improved ${}^2\text{H}^4\text{He}$ potentials by inversion, the tensor force and validity of the double folding model // Prepr. The Open University, UK, 1997, № OUPD9710, 34p.

134. Дубовиченко С.Б. Тензорный потенциал ${}^2\text{H}^4\text{He}$ взаимодействия в P_2F_2 волнах // Тезисы докл. Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. 1999, 21-24 апреля, Дубна, С.360.

135. Dubovichenko S.B. Tensor potential of ${}^2\text{H}^4\text{He}$ interaction for P_2F_2 waves // Тезисы докл. 1st Asia Pacific Conference on Few - Body Problems in Physics, NODA/KASHIWA, Japan, August 23-28, 1999, P.62.

136. Buchanan C.D., Yearian M.R. Elastic electron deuteron scattering and possible meson exchange effects // Phys. Rev. Lett., 1965, V.15, P.303-306.

137. Ellias J.I. et al. Measurements of elastic electron deuteron scattering at high momentum transfers // Phys. Rev., 1969, V.177, P.2075-2092.

138. Arnold R.G. et al. Measurement of the ed elastic scattering cross section in the range $0.8 < q < 6 \text{ GeV}^2$ // Phys. Rev. Lett., 1975, V.35, P.776-779.

139. Bhaduri R.K., et al. RMS radius of the deuteron // Phys. Rev., 1990, V.C42, P.1867-1871.

140. Cramer R. et al. Deuteron form factors at high momentum transfer // Z. Phys., 1985, V.C29, P.513-519.

141. Platchkov S. et al. Deuteron $A(q^2)$ structure function and the neutron electric form factor // Nucl. Phys., 1990, V.A508, P.343-352.

142. Auffret S. et al. Deuteron form factor // Phys. Rev. Lett., 1985, V.54, P.649-653.

143. Bosted P. et al. Measurements of the deuteron and proton magnetic form factors at large momentum transfers // Phys. Rev., 1990, V.C 42, P.38-49.

144. Benaksas D., Drickley D., Frerejacque D. Deuteron electromagnetic form factors for $3 < q < 6 \text{ Fm}^{-2}$ // Phys. Rev., 1966, V.148, P.1327-1331.

145. Drickey D.J., Hand L.N. Precise neutron and proton form factors

at low momentum transfer // Phys. Rev. Lett., 1962, V.9, P.521-524.

146. Ferro-Luzzi M. et al. Measurement of tensor analyzing power for elastic electron scattering from a polarized deuteron target internal to a storage ring// Phys. Rev. Lett., 1996, V.77, P.2630-2633.

147. Afanasev A.V. et al. Relativistic charge form factor of the deuteron // E-print, LANL, USA, Nucl-th/9712082, 1997, 8P.

148. McGurk N.J., Fiedeldey H. The deuteron wave function at short range and the triton // Nucl. Phys., 1977, V.A281, P.310-324.

149. Муфазанов В.М., Троицкий В.Е. Электромагнитная структура дейтрона // ЯФ 1981, Т.33, С.1461-1472.

150. Дубовиченко С.Б. Формфакторы дейтрона для Нимегенских потенциалов // ЯФ 2000, Т.63, №5, С.804-808.

151. Балдин А.М. Квантовая электродинамика и электромагнитная структура элементарных частиц // Электромагнитные взаимодействия и структура элементарных частиц. М., Мир, 1969, С.5.

152. Михлин С.Г., Смолицкий Х.Л. Приближенные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений. М., Наука, 1965, 383с.

153. Дубовиченко С.Б. Методы расчета и компьютерная программа для вычисления ядерных характеристик связанных состояний в потенциалах с тензорной компонентой // Алматы, Каз. Гос. ИНТИ, 1997, 29с.

154. Russell J.L., Phillips Jr.G.C., Reich C.W. Scattering of alpha particles from helium // Phys. Rev., 1956, V.104, P.135-142.

155. Nilson R., Jentschke W.K., Briggs G.R., Kerman R.O., Snyder J.N. Investigation of excited states in ^8Be by α - particle scattering from Helium // Phys. Rev., 1958, V.109, P.850-860.

156. Tombrello T.A., Senhouse L.S. Elastic scattering of alpha particles from Helium // Phys. Rev., 1963, V.129, P.2252-2258.

157. Дубовиченко С.Б. Программа расчета ядерных сечений упругого рассеяния бесспиновых частиц // Вестник Каз.ГАСА, 2004, №8, С.194-198.

158. Chien W., Brown R. Study of the $\alpha\alpha$ system below 15 MeV // Phys. Rev., 1975, v.C10, p.1767-1784.

159. Дубовиченко С.Б. Сечения рассеяния в системе частиц с полным спином 1/2 // Вестник Каз.ГАСА, 2004, №8, С.199-203.

160. Barnard A., Jones C., Well J. Elastic scattering of 2-11 MeV proton by ^4He // Nucl. Phys., 1964, V.50, P.604-620.

161. Дубовиченко С.Б. Программа расчета сечений рассеяния для частиц с полным спином 1 // Вестник Каз.ГАСА, 2004, №11, С.252-257.

162. Gruebler W., et al. Phase shift analysis of $d\alpha$ elastic scattering between 3 and 17 MeV // Nucl. Phys., 1975, V.A242, P.265-284.

163. McIntyre I.C., Haeberly W. Phase shift analysis of $d\alpha$ scattering // Nucl. Phys., 1967, V.A91, P.382-398.

164. Gruebler W., et al. $d\alpha$ scattering from 12 to 17 MeV // Nucl. Phys., 1979, V.A331, P.61-73.

165. Bruno M., et al. Experimental study on low energy $^2\text{H}(^4\text{He}, ^4\text{He})^2\text{H}$ elastic scattering // Nuovo Cim., 1982, V.68A, P.35-55.

166. Дубовиченко С.Б. Программа расчета сечений рассеяния для частиц с полным спином 1 и тензорными силами // Тезисы конф. Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании., Каз.НУ, Алматы, Казахстан, 6 - 10 октября 2004, http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+110+7891+S.

167. Thompson D.R., Tang Y.C. Study of $^3\text{H}^3\text{H}$, $^3\text{H}^3\text{He}$ and $^3\text{He}^3\text{He}$ systems with the resonantig group method // Nucl. Phys., 1968, V.A106, P.591-609.

168. Дубовиченко С.Б. Методы расчета сечений рассеяния нетождественных ядерных частиц со спином 1/2 // Вестник Каз.ГАСА, 2004, №11, С.257-262.

169. Clegg T., Barnard C., Swint J., Well J. The elastic scattering of protons from ^3He from 4.5 to 11.5 MeV // Nucl. Phys., 1964, V.50, P.621-628.

170. Tombrello T. Phase shift analysis for $^3\text{He}(p,p)^3\text{He}$ // Phys. Rev.,

1965, V.138, P.B40-B47.

171. Tombrello T.A., Jones C.M., Phillips G.C., Weil J.L. The scattering of protons from ^3He // Nucl. Phys., 1962, V.39, P.541-550.

172. Arvieux J. Analyse en dephasages des sections efficaces et polarisations dans la diffusion elastique $p^2\text{H}$ // Nucl. Phys., 1967, V.A102, P.513-528.

173. Van Oers W.T.H., Brockman K.W. Phase shift analysis of elastic N^2H scattering // Nucl. Phys., 1967, V.A92, P.561-583.

174. Jenny B., Gruebler W., Schmelzbach P.A., Konig V., Burgi H.R. Phase shift analysis of $^3\text{He}(^2\text{H}, ^2\text{H})^3\text{He}$ scattering // Nucl. Phys., 1979, V.A324, P.99-107.

175. Arndt R.A., Strakovsky I.I., Workman R.L. An update analysis of NN elastic scattering data to 1.6 GeV // Phys. Rev., 1994, V.C50, P.2731-2742.

176. Дубовиченко С.Б. Компьютерная программа для фазового анализа упругого ^4He рассеяния // Труды конф. Современные проблемы и задачи информатизации в Казахстане., КазНТУ, Алматы, Казахстан, 6 - 10 октября 2004, с.327-351.

177. Буртебаев Н., Дубовиченко С.Б., Дуйсебаев Б.А., Журынбаева Г.С., Кожахметова А.Б. Фазовый анализ упругого $^4\text{He}^4\text{He}$ рассеяния.// Вестник АГУ им. Абая, Физ. - мат. серия, Алматы, 2005, №13, С.82-90.

178. Darriulat P., et.al. Elastic scattering of $^4\text{He}^4\text{He}$ between 53 and 120 MeV // Phys. Rev., 1965, v. 137, p.B315-325.

179. Буртебаев Н.Т., Дуйсебаев А.Д. Сечения упругого альфа - альфа рассеяния при 49.9 МэВ // Тезисы докл. XXX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград, 1980, С.393.

180. С.Б. Дубовиченко, Фазовый анализ упругого $^4\text{He}^4\text{He}$ - рассеяния в области энергий 40-50 МэВ // ЯФ 2008, Т.71, С.66-75.

181. Igo G. Optical model analysis of the scattering of alpha particles from helium // Phys. Rev., 1960, V.117, P.1079-1085.

182. Bredin D.J., et al. The scattering of alpha particles by helium // Proc. Roy. Soc., 1959, V.A251, P.144-155.
183. Дубовиченко С.Б. Программа поиска ядерных фаз упругого рассеяния бесспиновых частиц // Труды КАНУ, Алматы, 2004, №5, С.101-109.
184. Дубовиченко С.Б. Программа поиска фаз упругого рассеяния ядерных частиц со спином 1/2 // Вестник Каз.НТУ, Алматы, 2004, №3, С.137-144.
185. Jahns M.F., Bernstein E.M. Polarization in $p\alpha$ scattering // Phys. Rev., 1967, V.162, P.871-877.
186. Brown R.I., Haerberli W., Saladin J.X. Polarization in the scattering of protons by α particles // Nucl. Phys., 1963, V.47, P.212-213.
187. Plummer D.J., et al. A unique of phase shifts for the scattering of protons by helium // Nucl. Phys., 1968, v.A115, p.253-264.
188. Schouky I., Cierjacks S. // KFK-2503, 7708.
189. <http://www-nds.iaea.org/exfor/servlet/x4sgetsuubent?subid=20955004>; <http://www-nds.iaea.org/nsr/nsrlink.jsp?1977scyu> .
190. Tilley D.R., Weller H.R., Cheves C.M. Energy level of light nuclei. $A=17$ // Nucl. Phys., 1993, V.A564, P.1-90.
191. Hickey G. T. et al. R -matrix and phase-shift analyses of neutron polarization measurements from n - ^{16}O scattering // Nucl. Phys., 1974, V.A 225, P.470-480.
192. Fowler J.L., Cohn H.O. Oxygen Differential Neutron Scattering and Phenomenological Nuclear Potentials // Phys., Rev., 1958, V.109, P.89-93.
193. Дубовиченко С.Б. Программа поиска ядерных фаз для частиц с полупелым спином. I // Труды КАНУ, Алматы, 2004, №5, С.84-91.
194. Дубовиченко С.Б. Программа поиска ядерных фаз для частиц с полупелым спином. II // Труды КАНУ, Алматы, 2004, Т.5, С.92-100.
195. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonic nuclear processes for ^6Li nucleus in the potential $^4\text{He}^2\text{H}$ cluster model // Тезисы докл. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5. 6-

33.

196. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Процессы фоторазвала и радиационного захвата ядра ${}^6\text{Li}$ в ${}^3\text{H}^3\text{He}$ канале на основе потенциала с запрещенными состояниями // Тезисы докл. Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. 1994, Харьков, 19-22 апреля, С.314.

197. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Фотопроцессы в N^2H системе на основе потенциальных кластерных моделей // Тезисы докл. Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. 1995, С. Петербург, 27-30 июня, С.355.

198. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Фотопроцессы в p^3H и p^3He каналах ядра ${}^4\text{He}$ на основе потенциальных кластерных моделей // Тезисы докл. Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра 1995, С. Петербург, 27-30 июня, с.356.

199. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Фотопроцессы в ${}^2\text{H}^2\text{H}$ канале ядра ${}^4\text{He}$ на основе потенциальной кластерной модели // Тезисы докл. Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра 1995, С. Петербург, 27-30 июня, с.357.

200. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonuclear processes in N^2H system on the base of potential cluster model // Тезисы докл. Int. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5.6-30.

201. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonuclear processes for ${}^4\text{He}$ nucleus in ${}^2\text{H}^2\text{H}$ channel in the potential cluster model // Тезисы докл. Int. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5.6-32.

202. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonuclear processes for ${}^4\text{He}$ nucleus in the p^3He and p^3He channels on the base of potential cluster model // Тезисы докл. Int. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5.6-31.

203. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonuclear processes for ${}^6\text{Li}$ nucleus in the potential ${}^3\text{He}^3\text{H}$ cluster model. //

Тезисы докл. Int. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5.6-34.

204. Айзенберг И., Грайнер В. Механизмы возбуждения ядра. М., Атомиздат, 1973, 347с. (Eisenberg J.M., Greiner W. Excitation mechanisms of the nucleus electromagnetic and wear interactions, North - Holland Publ. Comp., Amsterdam - London, 1970).

205. Dubovichenko S.B. The cross sections for ${}^4\text{He}{}^{12}\text{C}$ radiative capture in the potential cluster model with forbidden states // Тезисы докл. Particles and Nuclei. XIV International Conference SEBAF, USA, 22-28 May, 1996, P.646.

206. Dubovichenko S.B. Photodisintegration of ${}^7\text{Li}$ in the $n{}^6\text{Li}$ channel in the potential cluster model with forbidden states // Тезисы докл. Particles and Nuclei XIV International Conference SEBAF, USA, 22-28 May, 1996, P.608.

207. Dubovichenko S.B., Dzhazairov - Kakhramanov A.V. Photonuclear processes for ${}^7\text{Li}$ and ${}^7\text{Be}$ nucleus in the potential cluster model // Тезисы докл. Int. Nucl. Phys. Conf., August 21-26, 1995, Beijing, China, P.5.6-35.

208. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В. Гауссовы потенциалы ${}^2\text{H}{}^4\text{He}$ и ${}^3\text{H}{}^4\text{He}$ взаимодействия с запрещенными состояниями // Изв. АН Каз. ССР сер. физ. - мат., 1988, № 6, С.45-49.

209. Дубовиченко С.Б., Джазаиров - Кахраманов А.В., Алтыбаев Г.С. Потенциальное описание упругого ${}^3\text{H}{}^4\text{He}$ и $\text{N}{}^6\text{Li}$ рассеяния // Изв. НАН РК сер. физ.-мат., 1992, № 2, с.41-55.

210. Дубовиченко С.Б. Программа расчета ядерных фотосечений // Труды конф. New Trends in the Computer Science Master's Curriculum., Kaz.NU, Almaty, Kazakhstan, 31 march - 2 april 2004. С.164-170.

211. Berman B.L., Fultz S. Experimental study of the ${}^6\text{Li}(n,\gamma){}^7\text{Li}$ reaction // Rev. Mod. Phys., 1975. v.47, p.713; Bianchi N., et al. Photoabsorption and photofission of nuclei // SEBAF PROPOSAL-93-019, April, 1993, 19p.

212. Дубовиченко С.Б. Чечин Л.М. Современные методы програм-

мирования актуальных физических задач // Труды конф. Современные проблемы и задачи информатизации в Казахстане. КазНТУ, Алматы, Казахстан, 6 - 10 октября 2004, с.358-390.

213. Дубовиченко С.Б. Компьютерная программа и методы расчета ядерных фотосечений // Тезисы докл. Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании., Каз.НУ, Алматы, Казахстан, 6 - 10 октября 2004, [http:// www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+110+7892+S](http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+110+7892+S).

214. Dubovichenko S.B. Photodisintegration of ${}^4\text{He}$ nucleus in $p^3\text{H}$ and $n^3\text{He}$ channels on the base of potential cluster model // "Bulletin KSNU, Natural science series", Kaz.SU, Almaty, 1997, P.89-98.

215. Robertson R.G.H., Dyer P., Warner R.A., Melin R.C., Bowles T.J., Mc Donald A.B., Ball G.C., Davies W.G., Earle E.D. Observation of the capture reaction ${}^2\text{H}({}^4\text{He},\gamma){}^6\text{Li}$ and its role in production of ${}^6\text{Li}$ in the Big Bang // Phys. Rev. Lett., 1981, V.47, P.1867-1870.

216. Arnold R.G. et al. Elastic electron scattering from ${}^3\text{He}$ and ${}^4\text{He}$ at high momentum transfer // Phys. Rev. Lett., 1978, V.40, P.1429-1435; Sick I. Precise nuclear radii from electron scattering // Phys. Lett., 1982, V.B116, P.212-214.