

Заключение диссертационного совета МГУ.013.2 (МГУ.01.11)  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Решение диссертационного совета от «16» декабря 2022 г. №21  
о присуждении Любашевскому Дмитрию Евгеньевичу, гражданину РФ,  
ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Описание характеристик двойного и тройного деления ядер при использовании методов квантовой теории многоступенчатых ядерных распадов и реакций» по специальности 1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий» принята к защите диссертационным советом 16.09.2022, протокол № 16.

Соискатель Любашевский Дмитрий Евгеньевич, 1984 года рождения, в 2012 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Механизмы формирования T-нечетных асимметрий для предразрывных и испарительных третьих частиц в тройном делении ядер-актинидов холодными поляризованными нейтронами» по специальности 01.04.02 Теоретическая физика в диссертационном совете Д.212.038.06, созданном при Воронежском государственном университете.

Соискатель работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет» на кафедре ядерной физики физического факультета в должности доцента.

Диссертация выполнена на кафедре ядерной физики физического факультета Воронежского государственного университета.

Научный консультант – Кадменский Станислав Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор физического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Антоненко Николай Викторович, доктор физико-математических наук, заместитель директора Лаборатории теоретической физики Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований»;

Говердовский Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ГНЦ «Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»;

Карпешин Федор Федорович, доктор физико-математических наук, главный

научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института метрологии им. Д.И. Менделеева

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой научной квалификацией в области физики атомных ядер, соответствием их специальностей тематике диссертационной работы, а также наличием публикаций в области физики атомного ядра за последние 5 лет.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Соискатель имеет 70 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации -25 статей, из них 24 - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

**1.** С.Г. Кадменский, С.С. Кадменский, Д.Е. Любашевский /Описание истинного и задержанного тройного деления ядер с вылетом различных третьих частиц // Ядерная физика –2010. – Т. 73, №8. – С. 1874–1982.

[Kadmensky S.G., Kadmensky, S.S., Lyubashevsky D.E. / Description of true and delayed ternary nuclear fission accompanied by the emission of various third particles // Physics of Atomic Nuclei 73, 1436– 1442 (2010).] SJR 0.217.

**2.** С.Г. Кадменский, С.С. Кадменский, Д.Е. Любашевский / Т-нечетные асимметрии для испарительных нейтронов в делении ядер // Изв. РАН. Сер. Физич. – 2010.–Т. 74, №4. – С. 560-562.

[Kadmensky S.G., Kadmensky, S.S., Lyubashevsky D.E. / T-odd asymmetries for evaporation neutrons in nuclear fission // Physics of Atomic Nuclei 74, 528–530 (2010.) SJR 0.217.

**3.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский /Четные и нечетные амплитуды угловых распределений третьих частиц в делении ядер //Изв. РАН. Сер. Физич. – 2010.–Т. 74, №6. – С.828-834.

[Lyubashevsky D.E., Kadmenskii S.G. / Even and odd amplitudes of distributions of third particles in nuclear fission // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 74, 791–794 (2010).] SJR 0.238.

**4.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский /Описание Т – нечетных асимметрий для альфа – частиц в реакциях тройного деления ядер - актинидов //Изв. РАН, Сер. Физич. – 2010. – Т. 74, №6. – С. 1013-1019.

[Lyubashevsky D.E., Kadmensky S.G., Bunakov V.E. / Describing T-odd asymmetries for  $\alpha$ -particles in the ternary fission of actinide nuclei // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 75, 973 (2011).] SJR 0.238.

**5.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский, Л.В. Титова / Угловые и спиновые распределения

первичных фрагментов деления // Изв. РАН. Сер. Физич. – 2011. – Т. 75, №7. – С.1044–1048.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E., Titova L.V. / Angular and spin distributions of primary fission fragments// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 75, 989 (2011).] SJR 0.238

**6.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский / Механизм появления анизотропии угловых распределений испарительных нейтронов в системах центров масс, испускаемых из термализованных фрагментов деления // Изв. РАН. Сер. физ. – 2012. –Т. 76, №4. – С. 515-519.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. / Mechanism of the appearance of angular distribution anisotropy for evaporation neutrons in center-of-mass systems emitting their thermalized fission fragments // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 76, 457–461 (2012).] SJR 0.238.

**7.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский /Т-нечетные асимметрии в угловых распределениях испарительных нейтронов, испускаемых в реакциях деления ядер холодными поляризованными нейтронами // Изв. РАН. Сер. Физич. – 2012.–Т. 76, №8. – С.1051-1056.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. / T-odd asymmetries in the angular distributions of evaporative emitted in the fission reactions of cold polarized neutrons // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics76, 947–951 (2012).] SJR 0.238.

**8.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский / Механизмы формирования Р-нечетных, Р-четных и Т-нечетных асимметрий в угловых распределениях продуктов двойного и тройного деления ядер холодными поляризованными нейтронами // Ядерная физика – 2014. – Т. 77, № 1. – С. 49-55.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. /Mechanisms of formation of P-odd, P-even and T-odd asymmetries in the angular distributions of products of binary and ternary fission induced by cold polarized neutrons // Physics of Atomic Nuclei 77, 46–52 (2014)]. SJR 0.217.

**9.** С.Г. Кадменский, Л.В. Титова, Д.Е. Любашевский / Р-нечетные, Т-нечетные асимметрии для продуктов спонтанного деления ориентированных ядер. // Изв. РАН. Сер. Физич. – 2014. – Т. 78, № 5. – С. 568-572.

[Kadmensky S.G., Titova L.V., Lyubashevsky D.E. /P-odd, T-even symmetries for products of the spontaneous fissioning of oriented nuclei // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics78, 383–387 (2014).] SJR 0.238.

**10.** С.Г. Кадменский, Л.В. Титова, Д.Е. Любашевский /Роль wiggling-колебаний делящегося ядра в формировании угловых и спиновых распределений нейтронов и  $\gamma$ -

квантов, испускаемых фрагментами деления. // Изв. РАН, Сер. Физич. – 2015. – Т. 79, №7. – С. 975-979.

[Kadmensky S.G., Lubashevsky D.E., Titova L.V. / Role of wriggling vibrations of fissile nuclei in the formation of angular and spin distributions of neutrons and gamma-quanta emitted by fission fragments // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 79, 879–882 (2015).] SJR 0.238.

**11.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский / Влияние поперечных колебаний делящихся ядер на угловые и спиновые распределения осколков низкоэнергетического деления. // Ядерная физика. – 2016. – Т. 79, №2. – С. 198-207.

[Bunakov V.E., Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. /Effect of transverse vibrations of fissile nuclei on the angular and spin distributions of low-energy fission fragments // Physics of Atomic Nuclei 79, 304–312 (2016).] SJR 0.217.

**12.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский / Классификация Т-нечётных асимметрий для предразрывных и испарительных лёгких частиц в реакциях тройного и четверного деления ядер холодными поляризованными нейтронами. // Изв. РАН, Сер. Физич. – 2016. – Т. 80, №8. – С. 1013-1019.

[Kadmensky S.G., Bunakov V.E., Lyubashevsky D.E. / Classification of T-odd asymmetries for pre-scission and evaporated light particles in ternary and quaternary nuclear fission induced by cold polarized neutrons // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 80, 927–932 (2016).] SJR 0.238.

**13.** С.Г. Кадменский, Ю.В. Иванков, Д.Е. Любашевский / Феноменологические характеристики двух-протонного виртуального распада ядра Fe-45 // Ядерная физика. – 2017. – Т. 80, № 5. – С. 464-473.

[Kadmensky S.G., Ivankov Y.V., Lyubashevsky D.E. / Phenomenological features of two-proton virtual decay of the  $^{45}\text{Fe}$  nucleus // Physics of Atomic Nuclei 80, 903–911 (2017).] SJR 0.217.

**14.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский / Определяющая роль wriggling-колебаний делящегося ядра в формировании угловых и спиновых распределений продуктов двойного и тройного деления ориентированных ядер // Ядерная физика. – 2017. – Т. 80, № 5, – С. 447-454.

[Kadmensky S.G., Bunakov V.E., Lyubashevsky D.E. / Decisive role of wriggling vibrations in the formation of angular and spin distributions of products originating from binary and ternary fission of oriented nuclei // Physics of Atomic Nuclei 80, 850–857 (2017).] SJR 0.217.

**15.** С.Г. Кадменский, Л.В. Титова, Д.Е. Любашевский /Фотоделение ядер при учете wriggling- колебаний делящегося ядра // Изв. РАН. Сер. физ. – 2017. – Т. 81, №6. – С. 791-799.

[Kadmensky S.G., Titova L.V., Lyubashevsky D.E. / Photofission of nuclei with allowance for wriggling vibrations of fissioning nuclei // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 81, 717–724 (2017).] SJR 0.238.

**16.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский /Единый механизм появления T-нечетных TRI- и ROT-асимметрий в реакциях тройного деления ядер-актиноидов холодными поляризованными нейтронами. Ядерная физика.— 2018 .— Т. 81, № 4. - С. 433-442.

[Kadmensky S.G., Bunakov V.E., Lubashevsky D.E. / Unified Mechanism behind the Appearance of T-odd TRI and ROT Asymmetries in Actinide Fission Induced by Cold Polarized Neutrons // Physics of Atomic Nuclei 81, 463–471 (2018).] SJR 0.217.

**17.** С.Г. Кадменский, В.Е. Бунаков, Д.Е. Любашевский / Сопоставление характеристик T – нечетных асимметрий в сечениях реакций тройного деления ядер холодными поляризованными нейтронами для случаев испускания предразрывных и испарительных третьих частиц // Известия РАН Серия Физическая .— 2019.— Т. 83, № 9. - С. 1236-1243.

[Kadmensky S.G., Bunakov V.E., Lyubashevsky D.E. / Comparing the Parameters of T-odd Asymmetries in Cross Sections of the Ternary Fission of Nuclei by Cold Polarized Neutrons with the Emission of PreScission and Evaporation Third Particles // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics 83, 1128–1135 (2019).] SJR 0.238.

**18.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский, П.В. Кострюков / Связь экспериментальных характеристик P-чётных T-нечётных асимметрий в тройном делении ядер холодными поляризованными нейтронами с тройными и пятерными скалярными корреляциями // Ядерная физика .— 2019.— Т. 82, № 3. - С. 252-259.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. & Kostryukov P.V. / Relation of Experimental Features of PEven, T-Odd Asymmetries in Ternary Nuclear Fission Induced by Cold Polarized Neutrons to Triple and Quintuple Scalar Correlations // Physics of Atomic Nuclei 82, 267–273 (2019).] SJR 0.217.

**19.** С.Г. Кадменский, Л.В. Титова, Д.Е. Любашевский / Новый класс ядерных распадов с участием виртуальных состояний промежуточных ядер // Ядерная физика. –2020. – Т. 83. № 4. – С.326-335.

[Kadmensky S.G., Titova L.V., Lyubashevsky D.E. / New Class of Nuclear Decays Involving Virtual States of Intermediate Nuclei // Physics of Atomic Nuclei 83, 581–590 (2020).] SJR 0.217.

**20.** С.Г. Кадменский, П.В. Кострюков, Д.Е. Любашевский /Условия T – инвариантности для дифференциальных сечений бинарных реакций с участием ориентированных по спинам ядер и частиц // Ядерная физика 2020, Т. 83, № 4, с. 336–343.

[Kadmensky S.G., Kostryukov P.V., Lyubashevsky D.E. / T-Invariance Conditions for Differential Cross Sections for Binary Nuclear Reactions Involving Spin-Oriented Particles and Nuclei // *Physics of Atomic Nuclei* 83, 591–598 (2020).] SJR 0.217.

**21.** Д.Е. Любашевский / Виртуальные двойные бета распады ядер // *Известия РАН Серия Физическая*, 2020, Т. 84, № 10, С. 1406–1412.

[Lyubashevsky D.E. / Virtual Double Beta Decays of Nuclei // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* 84, 1201–1206 (2020).] SJR 0.238.

**22.** С.Г. Кадменский, Л.В. Титова, Д.Е. Любашевский, А.С. Веретенников, А.А. Писклюков / Механизмы многоступенчатых ядерных распадов с учетом реальных и виртуальных состояний промежуточных ядер // *Физика элементарных частиц и атомного ядра*. - 2022. Т. 53, № 2. С. 620– 636.

[Kadmensky S.G., Titova L.V., Lyubashevsky D.E. et al. / Effect of Real and Virtual States in Intermediate Nuclei on Multistep Decay // *Physics of Particles and Nuclei* 53, 644–654 (2022).] SJR 0.245

**23.** С.Г. Кадменский, Д.Е. Любашевский / Механизмы формирования P-четных T – нечетных асимметрий в реакциях тройного деления ядер холодными поляризованными нейтронами с вылетом альфа-частиц // *Известия РАН Серия Физическая*.— 2021.— Т. 85, № 10. - С. 1487-1494.

[Kadmensky S.G., Lyubashevsky D.E. / Formation of P-Even and T-Odd Asymmetries in Ternary Nuclear Fission by Cold Polarized Neutrons and the Emission of Alpha Particles // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* 85, 1160–1166 (2021).] SJR 0.238.

**24.** Д.Е. Любашевский / P-четные T – нечетные асимметрии в дифференциальных сечениях реакциях деления неориентированных ядер холодными поляризованными нейтронами с вылетом предразрывных и испарительных легких частиц // *Вестник Московского Университета, Серия 3: Физика, Астрономия*, - 2021, №. 5, С. 58–63.

[Lyubashevsky D.E. / P-even T-Odd Asymmetries in Differential Cross sections of Fission Reactions for Unoriented Nuclei by Cold Polarized Neutrons with Emission of Precission and Evaporative Light Particles // *Moscow University Physics Bulletin* 76, 313 (2021).] SJR 0.222.

Личный вклад соискателя в работы с соавторами составляет не менее 60%.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, способствующей глубокому пониманию механизмов двойного и тройного деления неориентированных ядер-мишеней холодными поляризованными нейтронами. В работе показано, что появление асимметрий в угловых

распределениях продуктов деления с различными P- и T-чётностями связано с интерференционными квантовыми эффектами, а учет виртуальных состояний промежуточных ядер позволяет не только описать экспериментальные характеристики  $2p$ - и  $2\beta$ -распадов ядер, но и дать объяснения виртуальных механизмов тройного деления ядер с вылетом предразрывных и испарительных легких частиц.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Процессы  $2p$ - и  $2\beta$ -распадов проходят через виртуальное состояние промежуточного ядра, в случае тройного деления ядер также реализуется указанный механизм.
2. Составное делящееся ядро, начиная со стадии спуска с внешней седловой точки и заканчивая стадией образования угловых распределений фрагментов деления, остается «холодным», поэтому возбуждаются только нулевые *wiggling* и *bending* – колебания указанного ядра.
3. Спиновое распределение фрагментов двойного деления ядер имеет нестатистический характер, что обусловлено одновременным влиянием нулевых *wiggling*- и *bending*-колебаний составного делящегося ядра в окрестности точки его разрыва.
4. Среднее значение относительных орбитальных моментов фрагментов двойного деления ядер определяет степень реализации гипотезы О. Бора о близости направления вылета фрагментов деления к направлению оси симметрии делящихся ядер.
5. P-четные, T-нечетные пятерные скалярные корреляции в угловых распределениях мгновенных нейтронов и  $\gamma$  – квантов, вылетающих из возбужденных фрагментов двойного деления ядер холодными поляризованными нейтронами, обусловлены влиянием кориолисова взаимодействия полного спина вращающейся делящейся системы с орбитальными моментами только фрагментов деления.
6. P-четные, T-нечетные тройные и пятерные скалярные корреляции в дифференциальных сечениях реакций тройного деления ядер холодными поляризованными нейтронами с вылетом предразрывных альфа – частиц обусловлены влиянием кориолисова взаимодействия полного спина вращающейся делящейся системы с орбитальными моментами не только фрагментов деления, но и альфа – частиц.

На заседании 16.12.2022 диссертационный совет принял решение присудить Любашевскому Дмитрию Евгеньевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали

за: 14, против: 0, недействительных бюллетеней: 3.

Председатель диссертационного совета

Э.Э.Босс

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Л.И. Галанина