

Заключение диссертационного совета МГУ.013.2  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «19» января 2024 г. №1

О присуждении Ремизову Павлу Дмитриевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фотоядерные реакции как инструмент получения изотопа  $^{89}\text{Zr}$  для целей ядерной медицины» по специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий принята к защите диссертационным советом 20.10.2023, протокол № 28.

Соискатель Ремизов Павел Дмитриевич, 1995 года рождения, в 2022 году окончил аспирантуру Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Соискатель работает на Кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и в Лаборатории радиационной медицинской физики НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на Кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета и в Лаборатории радиационной медицинской физики НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Черняев Александр Петрович, заведующий Кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета и заведующий Лабораторией радиационной медицинской физики НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Зеленская Наталья Семеновна, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Отдела ядерных реакций НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова;

Балдин Антон Александрович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, начальник Научно- экспериментального отдела теоретической и методической поддержки проектов Лаборатории физики высоких энергий Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований»;

Алиев Рамиз Автандилович, кандидат химических наук, начальник Лаборатории радионуклидов и радиофармпрепаратов Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

дали положительные отзывы на диссертацию и автореферат.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой научной квалификацией в области ядерной физики, а также наличием публикаций в области теоретической и экспериментальной ядерной физики за последние 5 лет.

На автореферат поступило 2 положительных дополнительных отзыва.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 статей, все 6 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

1. Remizov P.D., Zheltonozhskaya M.V., Chernyaev A.P., Varlamov V.V. Measurements of the flux-weighted yields for ( $\gamma$ ,  $\alpha$ Xn) reactions on molybdenum and niobium // European Physical Journal A. 2023. Vol. 59, no. 141. (Q2, SJR 0.97)
2. Zheltonozhskaya M.V., Remizov P.D., Chernyaev A.P. Study of Photonuclear Reactions with the Alpha Particles' Emission on Zirconium, Niobium, and Molybdenum // Applied Radiation and Isotopes. 2023. Vol. 199, no. 110871. (Q3, SJR 0.42)

3. Ремизов П.Д., Желтоножская М.В., Черняев А.П., Золотов С.А., Яценко В.Н. Фотопротонные реакции на молибдене // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2023. Т. 87, №8. С. 1092–1098.

*Remizov P.D., Zheltonozhskaya M.V., Chernyaev A.P., Zolotov S.A., Yatsenko V.N. Photoproton reactions on molybdenum // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2023. Vol. 87, no.8. P. 1112–1117. (Q3, SJR 0.21)*

4. Желтоножский В.А., Желтоножская М.В., Ремизов П.Д., Черняев А.П., Яценко В.Н. Исследование реакций с вылетом протонов на  $^{179}, ^{180}\text{Hf}$  // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2022. Т. 86, № 9. С. 1305–1309.

*Zheltonozhskiy V.A., Zheltonozhskaya M.V., Remizov P.D., Chernyaev A.P., Yatsenko V.N. Study of reactions with the emission of protons on  $^{179}, ^{180}\text{Hf}$  // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2022. Vol. 86, no. 9. P. 1309–1314. (Q3, SJR 0.21)*

5. Ремизов П.Д., Желтоножская М.В., Черняев А.П., Золотов С.А., Яценко В.Н. ( $\gamma$ , рхп)-реакции на естественном молибдене // Ядерная физика. 2023. Т. 86, № 1. С. 99–103.

*Remizov P.D., Zheltonozhskaya M.V., Chernyaev A.P., Zolotov S.A., Yatsenko V.N. ( $\gamma$ , рхп) reactions on natural molybdenum // Physics of Atomic Nuclei. 2022. Vol. 85, no. 6. P. 818–822. (Q3, SJR 0.24)*

6. Ремизов П.Д. Современные медицинские радионуклиды для иммуно-ПЭТ // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67, № 3. С. 67–74.

*Remizov P.D. Novel Immuno-PET Medical Radionuclides // Medical Radiology and Radiation Safety. 2022. Vol. 67, No. 3. P. 67–74. (Q4, SJR 0.16).*

Во всех работах вклад соискателя является определяющим и основополагающим.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой исследовано большое количество

фотоядерных реакций (многие впервые) на нескольких ядрах с  $Z = 40 - 42$  с испусканием протонов и  $\alpha$ -частиц, представляющих большой интерес с точки зрения развития физики электромагнитных взаимодействий, и которые могут быть использованы для получения перспективного медицинского радиоизотопа  $^{89}\text{Zr}$ . Разработан новый метод наработки этого изотопа на пучках тормозного излучения ускорителей электронов, имеющий определенные преимущества перед традиционными методами, реализуемыми в настоящее время на пучках протонов и дейтронов.

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. Фотоядерные реакции  $^{94}\text{Mo}(\gamma, 1\alpha 1n)^{89}\text{Zr}$  и  $^{92}\text{Mo}(\gamma, 1p 2n)^{89}\text{Nb} \rightarrow ^{89}\text{Zr}$ , реализуемые на пучках тормозного излучения ускорителей электронов, способны составить конкуренцию традиционным способам наработки изотопа  $^{89}\text{Zr}$  в реакциях под действием ускоренных на циклотронах протонов и дейтронов. Использование ядра  $^{92}\text{Mo}$  является наиболее перспективным.
2. Сечения фотоядерных реакций с вылетом  $\alpha$ -частиц в области гигантского дипольного резонанса на изотопах  $^{94}\text{Mo}$  ( $Z = 42$ ) и  $^{93}\text{Nb}$  ( $Z = 41$ ) имеют большие абсолютные величины благодаря наличию в их оболочечной структуре двух нейтронов, расположенных поверх заполненной магической оболочки с  $N = 50$ .
3. Реакции  $(\gamma, 1\alpha Xn)$  на ядрах с  $Z = 40, 41, 42$  происходят в области гигантского дипольного резонанса несмотря на существование кулоновского барьера.
4. Использование правила отбора по изоспину позволяет преобразовывать сечения фотонейтронной реакции  $(\gamma, 1n)$  в сечения испускания протонов и оценивать общий выход реакции  $(\gamma, 1p)$ .

На заседании 19 января 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Ремизову Павлу Дмитриевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Диссертационного совета

Э.Э. Боос

Ученый секретарь  
Диссертационного совета

Л.И. Галанина