Краткая информация о проекте

Наименование	AP23489541 «Исследование эффектов гравитационного линзирования и теней, создаваемых квадрупольными голыми сингулярностями, и сравнение с данными наблюдений»
Актуальность	Актуальность проекта определяется необходимостью теоретической интерпретации современных наблюдений сильногравитационных объектов, включая данные EHT, а также важностью различения черных дыр и их возможных альтернатив на основе эффектов тени и гравитационного линзирования.
Цель	Аналитическое описание и численное моделирование гравитационных явлений вблизи квадрупольных голых сингулярностей (стационарных q-метрик). Ключевыми направлениями являются изучение теней и эффектов гравитационного линзирования, индуцируемых этими сингулярностями, особенно с учетом влияния их аккреционных дисков, и сравнение их с наблюдаемыми изображениями от черных дыр.
Задачи	*Задача 1*: Детальный анализ геометрии гравитационного поля квадрупольных сингулярностей в различных пространственно-временных сценариях с особым фокусом на эффекты квадрупольного момента. *Задача 2*: Аналитическое исследование теней, отбрасываемых квадрупольными голыми сингулярностями с аккреционным диском, дополнительно рассмотреть основные физические свойства аккреционных дисков Новикова-Торна и изучить уравнение потока для пространств этих голых сингулярностей, сосредоточив внимание на совпадающей гиперповерхности, и сравнить эти тени с тенями, порождаемыми черными дырами. *Задача 3*: Провести компьютерное моделирование для исследования эффектов гравитационного линзирования в окрестности квадрупольных сингулярностей и сравнить эти эффекты с теми, которые наблюдаются на изображениях черных дыр.
Ожидаемые и достигнутые результаты	*1. Уникальные признаки квадрупольных голых сингулярностей:* Будут определены отличительные формы или размеры теней, специфические углы изгиба света или уникальные особенности в профилях интенсивности света вокруг этих сингулярностей. *2. Усовершенствованные теоретические модели гравитационных явлений:* Создание новых теоретических моделей, нацеленных на описание динамики квадрупольных голых

	сингулярностей в контексте их взаимодействия с аккреционными дисками Новикова-Торна. *3. Корреляция с данными наблюдений:* Путем сравнения теоретических предсказаний и моделирования с реальными астрономическими данными будут выявлены новые эффекты о компактных астрофизических объектах и потенциальных кандидатах в квадрупольные сингулярности.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	1. **Сакен Токтарбай** (**Toktarbay Saken**), Образование: КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан, 2009, бакалавр); Томский политехнический университет (Россия, 2011, магистр); КазНУ им. аль-Фараби (доктор философии, 2016, Казахстан). Ученая степень: Кандидат наук по теоретической физике (2016). Опыт работы по направлению более 12 лет (физика и астрономия). ScopusID: 56336189300, (Scopus h-index=8); WoS/PublonsID: B-3614-2012 , (WoS/Publons h-index=8); ORCID: 0000-0002-5699-4476; Должность и роль в проекте: Общее руководство проектом, координация проекта, разработка и тестирование компьютерного кода, подготовка научных статей, написание отчетов по проекту. 2. **Алдабергенов Ермек** (**Aldabergenov Yermek**), Образование: КазНУ им. аль-Фараби (бакалавр, 2012, Казахстан); КазНУ им. аль-Фараби (магистр, 2014, Казахстан); Tokyo Metropolitan University (PhD, 2018, Япония). Ученая степень: Доктор философии по теоретической физике (2018). Опыт работы по направлению более 9 лет (физика и астрономия). ScopusID: 56743280800, (Scopus h-index=10); WoS/PublonsID: AAK-1668-2021, (Scopus h-index=12); ORCID: 0000-0001-6021-9707; Должность и роль в проекте: разработка и тестирование компьютерного кода, подготовка научных статей, написание отчетов по проекту. 3. **Мырзакулов Нургиса** (**Myrzakulov Nurgissa**), Образование: КазНУ им. аль-Фараби (бакалавр, 2009, Казахстан), Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева (магистр, 2011, Казахстан), Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева (PhD, 2016, Казахстан); Ученая степень: PhD (2016). Scopus ID: 54416118800, (Scopus h-index=17). WoS/Publons ID: O-6297-2014; (WoS/Publons h-index=17). Должность и роль в проекте: Проведение как аналитических, так и численных расчетов, а также разработка и подготовка публикаций,

	написание отчетов по проекту. ORCID: 0000-0001-8691-9939; 4. **Хасанов Манас** (**Khassanov Manas**), Образование: КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, РК. Ученая степень: PhD (2020). ScopusID:57204019721, (Scopus h-index=3). WoS/Publons ID: 2441420, (WoS/Publons h-index=4). Должность и роль в проекте: написание компьютерного кода и тестирование результатов с помощью численных методов. ORCID:0000-0001-9857-0658 5. **Муратхан Арай** (**Muratkhan Aray**), PhD, КазНУ им. аль-Фараби; ScopusID: 57219511165, (Scopus h-index=3), WoS/PublonsID: V-1168-2018; (WoS/Publons h-index=4). ORCID:0000-0001-9920-5193; Она будет помогать с аналитическими расчетами и активно участвовать в написании статей и отчетов для проекта. 6. **Оразымбет Аяжан** (**Orazymbet Ayazhan**), PhD Докторант, КазНУ им. аль-Фараби; ScopusID: 58079518200, (Scopus h-index=1), Web of Science ResearcherID: ABF-3683-2021, (WoS/Publons h-index=2), ORCID: 0000-0002-7833-4858; Она будет помогать с аналитическими расчетами и активно участвовать в написании статей и отчетов по проекту. 7. **Жакипова Мадина** (**Zhakipova Madina**), PhD докторант, КазНУ им. аль-Фараби; ScopusID: 58078766700, (Scopus h-index=2), Web of Science ResearcherID: HWE-7029-2023, (WoS/Publons h-index=2), ORCID: 0000-0003-2071-5911; Она будет помогать с аналитическими расчетами и активно участвовать в написании статей и отчетов для проекта.
Использование	Результаты проекта будут использованы для теоретической интерпретации современных наблюдений сильногравитационных объектов, моделирования теней и эффектов гравитационного линзирования, а также для различения черных дыр и альтернативных компактных объектов на основе их наблюдательных признаков.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Проект обладает приоритетом по сравнению с реальными аналогами, поскольку в Казахстане не имеет прямых аналогов, а на международном уровне отличается использованием нового точного стационарного q-метрического решения с квадрупольным и вращательным параметрами, комплексным анализом теней и гравитационного линзирования с учетом аккреционного диска и

	сопоставлением результатов с наблюдательными данными.
Список публикаций с ссылками на них	1. Shama Sadiq, Nadeem Azhar, N. Myrzakulov, S. Toktarbay, A. Muratkhan, Sanjar Shaymatov, Abdul Jawad, D-brane and exponential potentials inspire warm inflation and swampland conjecture, *Nuclear Physics B*, Volume 1018, 2025, 116981, https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2025.116981. 2. Muratkhan, Zhantay, Manas Khassanov, Aliya Taukenova, and Saken Toktarbay. *"Empirical* Determination of β-Law Wind Acceleration Profiles in High-Mass X-Ray Binaries" *Universe* 12, no. 3: 67. 2026. *https://doi.org/10.3390/universe12030067* 3. S Toktarbay, A Muratkhan, N Myrzakulov, Zh Muratkhan, Analytical constraints on generalized β-velocity laws in X-ray illuminated HMXBs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2026;, stag271, https://doi.org/10.1093/mnras/stag271 4. Toktarbay, S., Beissen, N. ., Khassanov, M., Muratkhan, A., Orazymbet, A., Sadu, A., & Shynggyskhan, N. (2025). Exploring the Impact of Anisotropy Parameters on Stellar Structure. *International Journal of Mathematics and Physics*, *16*(2), 4–11. https://doi.org/10.26577/ijmph.20251621 5. Квадрупольдік моменттің астрофизикалық ықшам объектілердің сыртқы гравитациялық өрісіне әсері және оны бақылау белгілері: ***монография*** / С. Тоқтарбай. – Алматы: Қазақ университеті, 2025. – 160 б. 6. Ықшам астрофизикалық нысандардың ішкі құрылымы мен гравитациялық өрісі: ***монография*** / С. Тоқтарбай. – Алматы: Қазақ университеті, 2025. – 166 б 7. Interaction of black hole magnetosphere with inclined ambient field — *Physical Review D*, 2026 (***стадия рецензирования***). 8. Correlation Analysis of the Wind Acceleration Parameter in High-Mass X-ray Binaries — *Вестник Казахстанско-Британского технического университета* (***стадия редакционного рассмотрения***).
Информация о патентах	не планируется, поскольку исследование имеет фундаментальный теоретический характер.