



ICRANet

International Center for Relativistic Astrophysics Network

Pescara, 07/04/2022

It is a pleasure to write this report on the thesis “*Dark matter profiles in galactic bulges and halos*”, submitted by Zhumakhanova Gulnur Duysengalikyzy to the Department of Theoretical and Nuclear physics at the Al-Farabi Kazakh National University to obtain the degree of Doctor of Philosophy (Ph. D.) in specialty 6D061100 - Physics and Astronomy.

The main body of the thesis consists of five chapters. Chapter 1 provides general information about various phenomenological profiles of dark matter. The distribution of dark matter in spiral galaxies NGC 2403, NGC 3627, NGC 2976, NGC 1560, NGC 5585 and dwarf galaxy DDO 154 is investigated using the following density profiles: isothermal, Burkert, Navarro-Frank-White, Einasto and Moore. Chapter 2 examines the distribution of dark matter in the spiral galaxy U11454. Several density distribution profiles were used to study the characteristics of the galaxy U11454. The equation of hydrostatic equilibrium is solved and pressure profiles are constructed as a function of the radial coordinate for each profile. Chapter 3 considers the Ruffini-Arguelles- Rueda (RAR) model, in which the density (and pressure) distribution of dark matter in the whole galaxy by solving the Einstein equilibrium equations for a spherical symmetry (namely, the Tolman-Oppenheimer-Volkov equations) for the energy-momentum tensor of an ideal fluid of massive fermions at a finite temperature. Chapter 4 calculates the distribution of dark matter in the Milky Way in two scenarios for the galactic core (Sgr A*). The first case assumes the traditional scenario for Sgr A* as a supermassive black hole in vacuum while, the second scenario, assumes there is no black hole but a distribution of dark matter whose density profile follows an exponential function of the radial distance. Chapter 5 is dedicated to calculate the trajectories of the motion of stars around the galactic center in the above two scenarios. The trajectories are obtained by solving the equations of motion in Newtonian gravity.

Although my general opinion of the thesis is positive, I have some remarks and suggestions that I expect may help the candidate with her thesis defense; and the perspectives of future research in this field. The candidate calculates the rotation curves in the galactic halo and stellar orbits around Sgr A*, assuming a variety of phenomenological dark matter density profiles, Newtonian gravity, and two scenarios on the nature of Sgr A*. On the above general procedure:

Newtonian gravity is not appropriate for a precise analysis of the orbits of stars near the galactic center. Observational facilities such as the GRAVITY instrument on the Very Large Telescope (VLT) measure with high precision position and velocity, leading to constraints on the relativistic orbital parameters. Such accurate observations allowed to measure the gravitational redshift of the S2 star orbit near its pericenter passage and constrain the orbital precession. The theoretical analysis of stellar orbits near the galactic center needs the theory of general relativity.



ICRANet

International Center for Relativistic Astrophysics Network

The phenomenological density profiles do not give physical information about dark matter, in fact, they are not solutions to the equilibrium equations, either Newtonian or general relativistic, for any matter fluid. A discussion on what kind of matter could they represent is missing. Some of these phenomenological profiles diverge at the center of the configuration ($r=0$).

Therefore, I would like the thesis to have discussed more broadly physical and astrophysical considerations on the dark matter nature. Therefore, I consider the research performed in the thesis as a good starting point to explore in future works the effect of different distributions of the dark matter directly connected with the microphysics of the dark matter particle.

Four publications in scientific journals have derived from the research results presented by the candidate. In particular, one of the publications is in a prestigious high-impact-factor journal, the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. This is very positive. The articles are well written, the reading runs quite smoothly. The articles have written in co-authorship with foreign researchers which is positive for the candidate to cultivate exchange with peers and international collaborations. Summarizing, In consider this Ph. D. thesis work has the merits of being accepted for a doctoral dissertation.

Please do not hesitate to contacting me for any additional information.

Sincerely yours,

Jorge Armando Rueda Hernández
Faculty Professor, International Center for Relativistic Astrophysics Network (ICRANet) Piazza
della Repubblica 10, 65122 Pescara, Italy
Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università di Ferrara
Via Saragat 1, 44123 Ferrara, Italy

С радостью пишу этот отзыв по диссертации “Профили тёмной материи в галактических балджах и гало”, представленной Жумахановой Гульнур Дуйсенгаликызы кафедры теоретической и ядерной физики Казахского национального университета имени аль-Фараби для соискания степени доктора философии (Ph.D.) по специальности «6D061100 - Физика и астрономия».

Основная часть диссертации состоит из пяти глав. Глава 1 содержит общую информацию о различных феноменологических профилях темной материи. Распределение темной материи для спиральных галактик NGC 2403, NGC 3627, NGC 2976, NGC 1560, NGC 5585 и карликовой галактики DDO 154 исследуются с использованием следующих профилей плотности: изотермический, Буркерт, Наварро-Фрэнк-Уайта, Эйнасто и Мура. В главе 2 рассматривается распределение тёмной материи в спиральной галактике U11454. Для изучения характеристик галактики было использовано несколько профилей распределения плотности U11454. Решается уравнение гидростатического равновесия и строятся профили давления в зависимости от радиальной координаты для каждого профиля. В главе 3 рассматривается модель Руффини-Аргэллеса-Руеды (RAR), в которой распределение плотности (и давления) тёмной материи во всей галактике определяется путем решения уравнений равновесия Эйнштейна для сферической симметрии (а именно, уравнений Толмана-Оппенгеймера-Волкова) для тензора энергии-импульса идеальной жидкости массивных фермионов при конечной температуре. В главе 4 вычисляется распределение тёмной материи в Млечном Пути в двух сценариях для галактического ядра (Sgr A*). В первом случае предполагается, традиционный сценарий для Sgr A*, со сверхмассивной чёрной дырой в вакууме, в то время как второй сценарий предполагает, что чёрной дыры нет, а есть распределение тёмной материи, описываемый профилем экспоненциальной плотности функции радиального расстояния. Глава 5 посвящена вычислению траекторий движения звёзд вокруг центра галактики в двух приведенных выше сценариях. Траектории получаются путём решения уравнений движения в ньютоновской гравитации.

Хотя моё общее мнение о диссертации положительное, у меня есть некоторые замечания и предложения, которые по моему мнению могут помочь соискателю с защитой диссертации; и в перспективе будущих исследований в этой области. Кандидат вычисляет кривые вращения в гало галактики и звездных орбитах вокруг Sgr A*, предполагая различные феноменологические профили плотности тёмной материи, ньютоновскую гравитацию и два сценария природы Sgr A*. О вышеупомянутой общей процедуре:

Ньютоновская гравитация не подходит для точного анализа орбит звезд вблизи центра галактики. Средства наблюдения, такие как ГРАВИТАЦИОННЫЙ прибор на Very Large Telescope (VLT) измеряют с высокой точностью положение и скорость, что приводит к ограничениям на релятивистские параметры орбиты. Такие точные наблюдения позволили измерить гравитационное красное смещение орбиты звезды S2 вблизи ее перицентра и ограничить орбитальную прецессию. Теоретический анализ звездных орбит вблизи центра галактики нуждается в общей теории относительности.

Феноменологические профили плотности не дают физической информации о тёмной материи, фактически, они не являются решениями уравнений равновесия, ни ньютоновских, ни общих релятивистских, для любой жидкости (газа) материи. Дискуссия о том, какое вещество профили плотности могли бы представлять, отсутствует. Некоторые из этих феноменологических профилей расходятся в центре конфигурации ($r=0$).

Поэтому я хотел бы, чтобы в диссертации более широко обсуждались физические и астрофизические соображения о природе тёмной материи. Поэтому я рассматриваю исследование, проведенное в диссертации, как хорошую отправную точку для изучения в

будущих работах влияния различных распределений тёмной материи, непосредственно связанных с микрофизикой частицы тёмной материи.

Четыре публикации в научных журналах были основаны на результатах исследований, представленных кандидатом. В частности, одна из публикаций опубликована в престижном журнале с высоким импакт-фактором "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society". Это очень хорошо. Статьи хорошо написаны, легко читабельны. Статьи написаны в соавторстве с иностранными исследователями, что положительно сказывается на том, что кандидат развивает международное сотрудничество и обмен опытом со сверстниками. Подводя итог, я считаю, что эта, диссертационная работа может быть допущена к защите.

Пожалуйста, не стесняйтесь обращаться ко мне за любой дополнительной информацией.

С уважением,

Хорхе Армандо Руеда Ернандес

Профессор факультета, Сеть международных центров релятивистской астрофизики

10, 65122 Пескара, Италия

Кафедра физики и наук о Земле, университет Феррары

Via Saragat 1, 44123 Феррара, Италия

Республика Казахстан, город Алматы.

Одиннадцатое апреля две тысячи двадцать второго года.

Текст – перевода документа с английского языка на русский язык выполнен переводчиком переводческого агентства ТОО «Global translation group» Бакишовой Енлик Советбековной, 29.04.1990 года рождения, уроженкой города Алматы, ИИН: 900429402063.

Подпись

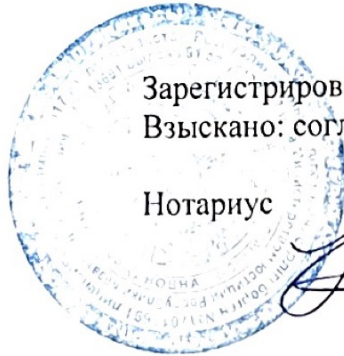
Енлик Советбековна Бакишова



Республика Казахстан, город Алматы.

Одиннадцатое апреля две тысячи двадцать второго года.

Я, Муталиева Гульнур Нуржановна, нотариус города Алматы, действующий на основании государственной лицензии № 17013691 от 01 августа 2017 года, выданной Министерством юстиции Республики Казахстан свидетельствую подлинность подписи переводчика гр. Бакишовой Енлик Советбековны. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.



Зарегистрировано в реестре за № 970
Взыскано: согл. п.2 ст. 30-1 Закона РК «О нотариате»

Нотариус

Муталиева Гульнур

Немтрл	Ч	Бұл құжатпен
Пронум	2	пронумерован
Нотариус	п. д. а. аницах	

