ICRANet

International Center for Relativistic Astrophysics Network

Ferrara, 24/04/2025

Review

on the PhD Thesis

"Gravitational Fields of Compact Objects in General Relativity"

by Gulmira Nurbakyt

Department of Theoretical and Nuclear Physics,

Al-Farabi Kazakh National University

The theory of General Relativity, published by Albert Einstein in 1915, is the currently widely accepted and tested modern theory of gravity. It describes gravitational fields both inside and outside distributions of matter, including stars, galaxies, and the Universe as a whole. A key area in contemporary astrophysics is the study of gravitational fields around compact astrophysical objects, aiming to understand their dynamical and intrinsic properties. These studies are essential for the understanding the nature of astrophysical systems (both quiescent or transients) that host compact objects like black holes or neutron stars, e.g., X-ray binaries, pulsars, active galactic nuclei (AGNs), and gamma-ray bursts (GRBs) in their different flavors.

In this dissertation, Gulmira Nurbakyt investigates the Einstein field equations governing the geometry surrounding such compact objects, analyzing both exact and approximate solutions. She explores the interrelations among various spacetime metrics by employing invariant definitions of multipole moments and by analyzing coordinate transformations under different approximation schemes. Additionally, she examines how the rotation and shape deformation of a central body affect the trajectories of test particles in the central body spacetime.

The thesis is logically and systematically structured. It begins by establishing a relationship between the approximate Erez–Rosen and static Hartle–Thorne metrics. It then derives expressions for the periastron advance of a test particle or body using adiabatic theory within the Hartle–Thorne and Kerr spacetimes. In the final part, she analyzes the formation, growth, and evolution of supermassive black holes based on the general relativistic model for the distribution of dark matter in galaxies that adopts a massive fermion as the dark matter particle candidate, the Ruffini-Arguelles-Rueda (RAR) model.

Gulmira Nurbakyt employs a broad range of fundamental techniques, including both analytical and numerical methods for solving Einstein's field equations. Her work makes use of differential geometry and tensor analysis, the Lagrangian and Hamiltonian formalisms, perturbation theory, numerical modeling, and computational methods—each used with clear scientific justification. The key results of her research have been published in reputable international scientific journals, highlighting their significance and originality.

ICRANet

International Center for Relativistic Astrophysics Network

Given the relevance, depth, and quality of this research, I consider the dissertation to be a valuable contribution to the field of relativistic astrophysics. I therefore fully support awarding Gulmira Nurbakyt the academic degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty "6D061100 – Physics and Astronomy".

Scientific Advisor

Jorge A. Rueda H.

Prof. Jorge Armando Rueda Hernandez
ICRANet-Ferrara, Dipartimento di Fisica, University of Ferrara
Via Giuseppe Saragat 1, 44123 Ferrara, Italy
Dipartimento di Fisica, University of Ferrara, Via Giuseppe Saragat 1,
44123 Ferrara, Italy

/логотип бар/ РФЖХЖО
Релятивистік астрофизика жөніндегі халықаралық желілік орталық

Феррара, 24/04/2025

философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Нұрбақыт Гүлмираның **«Жалпы салыстырмалық теориясында шағын объектілердің гравитациялық өрістері»** тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысына

ПІКІР

1915 жылы Альберт Эйнштейн ұсынған жалпы салыстырмалылық теориясы қазіргі таңда кеңінен танылған және тексерілген заманауи гравитация теориясы болып табылады. Бұл теория материяның таралуына байланысты (жұлдыздар, галактикалар және бүкіл Ғалам сияқты) ішкі және сыртқы гравитациялық өрістерді сипаттайды. Қазіргі заманғы астрофизиканың басты бағыттарының бірі –шағын астрофизикалық объектілердің айналасындағы гравитациялық өрістерді зерттеу және олардың ішкі әрі динамикалық қасиеттерін түсіну. Мұндай зерттеулер жұлдызаралық жүйелерде қара құрдымдар немесе нейтрон жұлдыздары сияқты шағын объектілер орналасқан астрофизикалық құбылыстардың (мысалы, рентгендік қосжұлдыздар, пульсарлар, белсенді галактикалық ядролар (БГЯ), гамма-жарқылдар (ГЖ)) табиғатын ашуға аса маңызды.

Бұл диссертациялық жұмысында Нұрбақыт Гүлмира Эйнштейннің ықшам объектілерді қоршаған кеңістіктің геометриясын сипаттайтын өрістік теңдеулерін зерттеп, олардың дәл және жуық шешімдерін талдады. Автор көпполюстік моменттердің инвариантты анықтамаларын қолданып, әртүрлі жуықтау схемаларындағы координаттық түрлендірулер арқылы кеңістік-уақыт метрикалары арасындағы байланыстарды зерттеді. Сонымен қатар, орталық дененің айналуы мен деформациясының сынақ бөлшектер траекториясына қалай әсер ететінін де қарастырады.

Диссертация логикалық және жүйелі түрде құрылымдалған. Алдымен, жуықталған Эрез–Розен және статикалық Хартл–Торн метрикалары арасындағы байланыс көрсетілген. Кейін, Хартл–Торн және Керр кеңістіктерінде адиабаттық теория аясында сынақ бөлшектердің перицентрлік ығысу өрнектері алынған. Соңғы бөлімде автор аса масивті қара құрдымдардың пайда болуы, өсуі және эволюциясын зерттейді. Бұл үшін ол галактикалардағы қара материяны таралу үлгісіне негізделген жалпы салыстырмалылық моделі аясында, қара материя бөлшегі ретінде массивтік фермион қарастырылатын Руффини–Аргуэллес–Руэда (РАР) моделін қолданады.

Нұрбақыт Гүлмира Эйнштейн теңдеулерін шешуге арналған аналитикалық және сандық әдістерді, дифференциалдық геометрия мен тензорлық талдауды, Лагранж және Гамильтон формализмдерін, бұзылу теориясын, сандық модельдеу мен компьютерлік есептеулерді кеңінен және

ғылыми негізделген түрде қолданған. Оның негізгі нәтижелері беделді халықаралық ғылыми журналдарда жарияланып, жұмыстың маңыздылығы мен ғылыми жаңашылдығын көрсетті.

Зерттеудің өзектілігі, тереңдігі мен сапасын ескере отырып, бұл диссертациялық жұмысты релятивистік астрофизика саласына маңызды үлес деп санаймын. Сондықтан Гүлмира Нұрбақытқа "6D061100 – Физика және астрономия" мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беруді толық қолдаймын.

Ғылыми кеңесші:

/қолы бар/

Профессор Хорхе Армандо Руэда Эрнандес
ICRANet-Феррара, Феррара университеті, Физика кафедрасы
Италия, Феррара, Джузеппе Сарагат көшесі, 1