

# THE ERA OF GRAVITATIONAL ASTRONOMY AND GRAVITATIONAL FIELD OF NON-ROTATING SINGLE POINT PARTICLE IN GENERAL RELATIVITY

*P. P. Fiziev*\*

University Foundation for Theoretical and Computational Physics and Astrophysics, Sofia  
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

Utilizing various gauges of the radial coordinate, we give a General Relativistic (GR) description of spherically symmetric static spacetimes with a massive point source and vacuum outside this singularity. We show that in GR there exist a two-parameter family of such solutions to the Einstein equations which are physically distinguishable and describe gravitational field of a single massive point particle with positive bare mass  $M_0 > 0$  and positive Keplerian mass  $M < M_0$ . In particular, we show that the widespread Hilbert's form of the Schwarzschild solution, which depends only on the Keplerian mass  $M$  and describes Black Holes (BH), does not solve the Einstein equations with a massive point particle's stress-energy tensor. Novel normal coordinates for the field and a new physical class of gauges are proposed, thus achieving a correct description of a point mass source in GR. We also introduce a gravitational mass defect of a point particle and determine the dependence of the solutions on mass defect. The result can be described as a change of the Newton potential  $\varphi_N = -G_N M/r$  to a modified one  $\varphi_G = -G_N M / (r + G_N M/c^2 \ln M_0/M)$  and a corresponding modification of the four-interval. We show that the proper 3D flat space, where these two potentials can be compared, is the tangent space above the position of the massive point source. In addition, we give invariant characteristics of the physically and geometrically different classes of spherically symmetric static spacetimes created by a point mass. Our results are important for description of Extremely Compact Objects (ECOs) studied in relation to possible echoes in recently discovered by LIGO/VIRGO collaboration Gravitational Waves (GW).

В рамках общей теории относительности (ОТО) в различных калибровках радиальной координаты дано описание сферически-симметричного статического пространства-времени с массивным точечным источником, окруженным вакуумом. Показано, что в ОТО существует двухпараметрическое семейство точных решений уравнений Эйнштейна, которое описывает гравитационное поле массивной точечной частицы с голой массой  $M_0 > 0$  и кеплеровской массой  $M < M_0$ . Показано, что широко распространенная форма Гильберта решения Шварцшильда, которая зависит

---

\*E-mail: fiziev@phys.uni-sofia.bg; fiziev@theor.jinr.u

только от кеплеровской массы  $M$  и описывает черные дыры, не есть решение уравнений Эйнштейна с тензором энергии-импульса точечной частицы. Предложены новые полевые переменные и новый класс физических калибровок решений, которые позволяют корректно описать гравитационное поле массивной точечной частицы в ОТО. Вводится дефект масс точечных частиц, и определяется зависимость новых решений от дефекта масс. Результат можно представить как замену потенциала гравитационного поля Ньютона  $\varphi_N = -G_N M/r$  на модифицированный потенциал  $\varphi_G = -G_N M / (r + G_N M/c^2 \ln M_0/M)$  и соответствующее изменение пространственно-временного интервала. Показано, что трехмерным плоским пространством, в котором можно корректно сравнивать эти два потенциала, является тангенциальное пространство над точкой положения точечного источника гравитационного поля. Вдобавок даны инвариантные характеристики физически и геометрически разных калибровочных классов сферически-симметричных статических пространств-времен, порожденных массивными точечными частицами. Представленные результаты являются важными для описания экстремально компактных объектов, изучаемых в связи с возможными эффектами эха недавно открытых коллаборацией LIGO/VIRGO гравитационных волн.

PACS: 04.20.Cv; 04.20.Jb; 04.20.Dw