

УДК 521.184

## Девияция траекторий в релятивистском и нерелятивистском случаях

*Павлов Юрий Викторович<sup>(\*)</sup>*yuri.pavlov@mail.ru  
SPIN-код: 4450-7597

ИПМаш РАН, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Рассматривается девиация траекторий в нерелятивистском случае для произвольного центрально-симметричного потенциала и девиация геодезических в центрально-симметричном статическом гравитационном поле.

**Ключевые слова:** девиация геодезических, эффект Широкова, космологическая постоянная

**Введение.** Исследование движения в заданных гравитационных полях является одной из центральных задач небесной механики. Важной составляющей частью таких задач является расчет отклонений движения пробных тел от заданных опорных траекторий. Вычисления в данной работе проводятся для случая опорных круговых орбит. Представлено общее решение уравнений девиации [1, 2] для рассматриваемых случаев. В нерелятивистском случае проанализированы случаи потенциалов гармонического осциллятора, потенциала притяжения точечной массы и другие. При рассмотрении девиации геодезических в рамках общей теории относительности появляются отличия от нерелятивистского случая траекторий в поле соответствующих потенциалов взаимодействия. Широко известен эффект Широкова [3] различия частот колебаний пробных тел на круговых орбитах

**Методы и материалы; результаты.** Вычисления в нерелятивистском случае проводятся на основе разложения по теории возмущений стандартных классических уравнений механики. В релятивистском случае, т. е. при вычислениях в рамках общей теории относительности, используется уравнение девиации геодезических. Получены точные формулы для девиации траекторий в нерелятивистском случае и для сферически-симметричных пространств. В работе рассматривается задача о девиации траекторий в случае пространства анти-де-Ситтера, девиация траекторий в метрике Коттлера, влияние космологической постоянной на эффекты девиации пробных тел на круговых орбитах и возможности экспериментального наблюдения эффектов.

**Заключение.** Полученные оценки показывают, что влияние наблюдаемой космологической постоянной на девиацию траекторий вблизи Земли и в Солнечной системе незначительно.

## Список источников

- [1] Fuchs H. Deviation of circular geodesics in static spherically symmetric space-times. *Astronomische Nachrichten*, 1990, vol. 311, pp. 271–276. <https://doi.org/10.1002/asna.2113110504>
- [2] Philipp D., Puetzfeld D., Lammerz C. On the applicability of the geodesic deviation equation in General Relativity. *Relativistic Geodesy*, Springer, Cham, Switzerland, 2019, pp. 419–451. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11500-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11500-5_13)
- [3] Shirokov M.F. On one new effect of the Einsteinian theory of gravitation. *Gen. Relativ. Gravit.*, 1973, vol. 4, pp. 131–136. <https://doi.org/10.1007/BF00762799>

## Trajectory Deviation in Relativistic and Non-relativistic Cases

*Pavlov Yuri Viktorovich*<sup>(\*)</sup>

yuri.pavlov@mail.ru

SPIN-код: 4450-7597

Institute of Problems in Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

**Abstract.** The deviation of trajectories in the non-relativistic case for an arbitrary centrally symmetric potential and the deviation of geodesics in a centrally symmetric static gravitational field are considered.

**Keywords:** geodesic deviation, Shirokov effect, cosmological constant

**Introduction.** The study of movement in given gravitational fields is one of the central problems of celestial mechanics. An important component of such problems is the calculation of deviations of the movement of test bodies from given reference trajectories. The calculations in this work are carried out for the case of reference circular orbits. A general solution of the deviation equations [1, 2] is presented for the cases under consideration. In the non-relativistic case, the harmonic oscillator potentials, the potential of a point mass, and others are analyzed. When considering the deviation of geodesics within the framework of the general theory of relativity, differences appear from the non-relativistic case of corresponding interaction potentials. The Shirokov effect [3] of the difference in the oscillation frequencies of test bodies in circular orbits is widely known.

**Methods and materials; results.** Calculations in the non-relativistic case are carried out on the basis of the perturbation theory of the standard classical equations. In the relativistic case, that is, in calculations within the framework of the general theory of relativity, the equation of deviation of geodesics is used. Exact formulas for the deviation of trajectories in the non-relativistic case and for spherically symmetric spaces are obtained. In the work the problem of trajectory deviation in the case of anti de Sitter space, trajectory deviation in the Kottler metric, the influence of the cosmological constant on the effects of deviation of test bodies in circular orbits and the possibilities of experimental observation of the effects are considered.

**Conclusion.** The obtained estimates show that the influence of the observed cosmological constant on the deviation of trajectories near the Earth and in the Solar System is insignificant.

## References

- [1] Fuchs H. Deviation of circular geodesics in static spherically symmetric space-times. *Astronomische Nachrichten*, 1990, vol. 311, pp. 271–276. <https://doi.org/10.1002/asna.2113110504>
- [2] Philipp D., Puetzfeld D., Lammerz C. On the applicability of the geodesic deviation equation in General Relativity. *Relativistic Geodesy*, Springer, Cham, Switzerland, 2019, pp. 419–451. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11500-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11500-5_13)
- [3] Shirokov M.F. On one new effect of the Einsteinian theory of gravitation. *Gen. Relativ. Gravit.*, 1973, vol. 4, pp. 131–136. <https://doi.org/10.1007/BF00762799>