ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 63, № 4 ФИЗИКА 2020

УДК 629.7 DOI: 10.17223/00213411/63/4/116

У.Н. ЗАКИРОВ

ПРИНЦИП ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В ТЕОРИИ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ ПОКОЯ С ПРИЛОЖЕНИЯМИ В АСТРОФИЗИКЕ [*]

Рассмотрено ковариантное уравнение движения и энергии тела переменной массы покоя с учетом темной энергии в общей теории относительности на основе принципа эквивалентности.

Ключевые слова: *переменная масса покоя, ковариантность, эквивалентность, темная энергия, черная дыра, скобки Кристоффеля, локальные координаты.*

Введение

В настоящей работе уделено внимание формулировке уравнения переменной массы в общей теории относительности; это особенно актуально в астрофизике черных дыр, где наблюдаются изменения яркости, а значит и массы материи. А. Эйнштейн в 1907 г. впервые в обзоре [1] опубликовал принцип эквивалентности на основе равенства инерционной и гравитационной масс. В 1921 г. секретарь президиума Отделения физики Русского физико-химического общества В.К. Фредерикс писал «…тождество масс – активной, тяготеющей и пассивной, инертной Эйнштейн возводит в принцип эквивалентности...» [2]. Пример процедуры эквивалентности систем отсчета, связанную с равенством тяжелой и инертной масс, привел экспериментатор Д. Вебер [3]; им записано выражение

$$\mathrm{M} - \mathrm{M}' = E_\alpha / c^2 , \tag{1}$$

где E_α – энергия тела переменной массы покоя, выделенная при отсутствии гравитации при движении с постоянным ускорением q; М – гравитирующая масса с той же интенсивностью q; М′ – та же масса, поглотившая энергию E_α при сближении тела переменной массы с М. Разница (1) показывает, что вклад в гравитационную энергию равен энергии инертной массы!

1. Локально-лоренцевые координаты и уравнения точки переменной массы покоя в специальной теории относительности (СТО)

В общей теории относительности отсутствуют формулировки законов сохранения энергии-импульса переменной массы покоя, на что обращал внимание А. Эйнштейн. В то же время они существуют в СТО. Опираясь на принцип эквивалентности, удается записать в ковариантной форме уравнения в римановом пространстве, связанные, например, с метрикой Шварцшильда и Керра.

С этой целью вводится по идее А. Эйнштейна 1911 г. локально-геодезическая система координат на основе преобразования скобок Кристоффеля

$$\Gamma^\nu{}_{\alpha\beta} = g^{\mu\nu}(g_{\alpha\mu,\beta} + g_{\beta\mu,\alpha} - g_{\alpha\beta,\mu}), \tag{2}$$

где $g_{\alpha\beta}$ – компонента метрического тензора;

$$ds^2 = g_{ik}dx^i dx^k \quad (i, k = 0, 1, 2, 3). \tag{3}$$

С учетом преобразования (2) от системы (штриховой) z^k к системе x^i можно записать

$$(\partial z^k/\partial x^l)\,\Gamma^{l'}{}_{i\,j} = \Gamma^k{}_{\alpha\beta}\,(\partial z^\alpha/\partial x^i)((\partial z^\beta/\partial x^j) + (\partial^2 z^k/\partial x^i\,\partial x^j). \tag{4}$$

В римановом пространстве равенство правой части (4) нулю можно удовлетворить в некоторой точке B введением координаты z^k, соответствующей точки $z^k{}_0$, $\Gamma^{l'}{}_{i\,j} = 0$ $(\det|\partial z^k/\partial x^l| \neq 0)$:

$$z^k = a^k{}_i\,(x^i - x^i{}_*) + (\Gamma^i{}_{js})_*\,a^k{}_i\,(x^j - x^j{}_*)(x^s - x^s{}_*)/2, \tag{5}$$

$\Gamma^i{}_{js*}$ – аффинная связность на V_4, вычисленная в точке B через $x^k{}_*$. В системе K_0 производные тензора g_{ik} в B равны нулю, $\partial g_{\alpha\beta}/\partial x^i = 0$, а сами компоненты в ее малой окрестности – постоянные; компоненты неособенной матрицы $a^k{}_i$ являются функциями $x^k{}_*$. Системе K_0 поставим в соответст-

[*] Работа выполнена за счет средств субсидии 3.6714.20178.9, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения госзадания в сфере научной деятельности.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725