Якубовский Евгений Георгиевич

инженер

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

г. Санкт-Петербург

DOI 10.21661/r- 563115

РЕЛЯТИВИСТСКИЙ ЗНАМЕНАТЕЛЬ У УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ В ОТО

Аннотация: *в статье описана формула четырехмерной скорости в ОТО содержит релятивистский знаменатель, которую необходимо понимать. Но оперируют с четырехмерной скоростью, которая изменяется от минус бесконечности, до плюс бесконечности. Трехмерная скорость ограничена и релятивистский знаменатель не допускает превышения действительной скорости, больше основного значения в уравнении движения. Комплексная скорость может превысить этот предел, как в случае гидродинамики, в которой возможно движение со скоростью, большей скорости звука.*

Ключевые слова: *релятивистский знаменатель, уравнение общей теории относительности, ОТО.*

Уравнение Общей Теории Относительности (ОТО) приводится к четырем независимым уравнениям, собственным значениям тензора Риччи. При этом четырехмерная скорость имеет бесконечные значения, а трехмерная действительная скорость должна быть ограничена, что не всегда удается. Запишем сферическое нелинейное преобразование координат

$$\lambda_x(x\text{-}x_0) = (s\text{-}s_0)\cdot sh(\chi)\cdot sin\theta\cdot cos\varphi;$$

$$\lambda_y(y\text{-}y_0) = (s\text{-}s_0)\cdot sh(\chi)\cdot sin\theta\cdot sin\varphi$$

$$\lambda_z(z\text{-}z_0) = (s\text{-}s_0)\cdot sh(\chi)\cdot cos\theta;$$

$$\lambda_t c(t\text{-}t_0) = (s\text{-}s_0)\cdot ch(\chi)$$

Получим значение интервала

$$(s\text{-}s_0)^2 = \lambda_t^2(X)c^2(t\text{-}t_0)^2\text{-}\lambda_x^2(X)(x\text{-}x_0)^2\text{-}\lambda_y^2(X)(y\text{-}y_0)^2\text{-}$$

$$-\lambda_z^2(X)(z-z_0)^2 = \lambda_0^2(X)c^2(t-t_0)^2 - \sum_{k=1}^{3}\lambda_k^2(X)(x_k-x_{k0})^2 =$$

$$= \lambda_0^2(X)c^2(t-t_0)^2 - \lambda_r^2(X)(r-r_0)^2;$$

$$X(s) = [c(t(s)-t_0), x(s)-x_0, y(s)-y_0, z(s)-z_0]; \qquad (2)$$

Введем обобщенную координату и обобщенный метрический тензор, соответствующий этой координате. Образуется криволинейная система координат, в случае если выполняется равенство для данного преобразования координат, т.е. в случае метрического тензора Галилея, в случае метрического тензора Галилея нет единого поля, но метрический тензор равен $G_{kk}[X(s)] = [\Lambda_0^2[X(s)], -\Lambda_1^2[X(s)], -\Lambda_2^2[X(s)], -\Lambda_3^2[X(s)]]$. При этом метрический тензор меняется при изменении координат. Можно задать произвольные начальные условия для задания метрического тензора, в частности произвольную зависимость векторных потенциалов. Реакция на произвольные начальные условия будет определяться из уравнений движения, но с учетом значения метрического тензора.

Запишем уравнение для четырехмерной скорости см [1]. Нетрудно подсчитать единственное значение

$$\Gamma_{kk}^k = \frac{\partial ln\Lambda_k^2[X(s)]}{\partial x_k};$$

Причем с помощью ОТО можно получить уравнение второго закона Ньютона, которое интегрируется и четырехмерные формулы имеют релятивистский знаменатель

$$\frac{du^k(s)}{ds} = -\Gamma_{pq}^k u^p(s)u^q(s) = -\frac{\partial ln\Lambda_k^2[X(s)]}{\partial x_k}u_k^2(s);$$

$$g_{kk} = -\Lambda_k^2(X); g^{kk} = -\frac{1}{\Lambda_k^2(X)} k = 1, \ldots, 3; g_{00} = \Lambda_0^2(X); g^{00} = \frac{1}{\Lambda_0^2(X)}$$

$$\frac{1}{u^k(s)} - \frac{1}{u_0^k} = \int\limits_{s_0}^{s}\frac{\partial ln\Lambda_k^2[X(s)]}{\partial x_k}ds; u^k(s) = \frac{1}{\frac{1}{u_0^k} + \int_{s_0}^{s}\frac{\partial ln\Lambda_k^2[X(s)]}{\partial x_k}ds};$$

Четырехмерные скорости определяются по формуле с заданным метрическим тензором $g_{kk}(s) = [\Lambda_0^2[X(s)], -\Lambda_1^2[X(s)], -\Lambda_2^2[X(s)], -\Lambda_3^2[X(s)]]$.

Релятивистский четырехмерный вектор определяется по трехмерным скоростям по формулам

$$u^k(s) = \frac{V^k(s)}{\sqrt{\Lambda_0^2(X)c^2 - \sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2(X)[V^n(s)]^2}}; \tag{1}$$

$$u_0^k = \frac{V_0^k}{\sqrt{\Lambda_0^2(X_0)c^2 - \sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2(X_0)\,[V_0^n]^2}}; X_0 = [ct_0 x_0, y_0, z_0]$$

Вычислим по четырехмерной скорости трехмерную скорость. Вычисленые по формуле (1), умноженные на соответствующий метрический тензор и эта величина суммируется

$$\frac{\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)][V^n(s)]^2}{\Lambda_0^2[X(s)]c^2 - \sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)][V^n(s)]^2} = \sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2.$$

Преобразуем это уравнение, получив из равенства $\frac{a}{b} = \frac{c}{1}$ соотношение $\frac{a}{b+a} = \frac{c}{1+c}$

$$\frac{\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[V^n(s)]^2}{\Lambda_0^2[X(s)]c^2} = \frac{\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2}{1+\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2}$$

Используем формулу $V^n(s) = \alpha c u^n(s)$ получим уравнение по определению α

$$\frac{\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2}{\Lambda_0^2[X(s)]}\alpha^2 = \frac{\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2}{1+\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)]\,[u^n(s)]^2}$$

Откуда находим

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Lambda_0^2[X(s)]}{1+\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)][u^n(s)]^2}}.$$

При этом значение трехмерной собственной скорости равно $V^l(s)/c = u^l(s)\sqrt{\frac{\Lambda_0^2[X(s)]}{1+\sum_{n=1}^{3}\Lambda_n^2[X(s)][u^n(s)]^2}}$, которая является аналогом формулы $V^l/c = \frac{u^l}{\sqrt{1+\sum_{l=1}^{3}(u^l)^2}} < 1$. В результате имеем соотношение $\max_{u^l\to\infty}\frac{V^l}{c} = \frac{\Lambda_0[X(s)]}{\Lambda_l[X(s)]} < 1$ максимум трехмерной скорости определяется начальными условиями, т.е. надо задавать начальные условия, чтобы выполнялось $\frac{\Lambda_0[X(s)]}{\Lambda_l[X(s)]} < 1$.

Зная четырехмерную скорость, можно определить энергию и импульс системы $E = mc^2 u_0(s, s_0); p_k = mcu_k(s, s_0)$;

Уравнение, описывающее четырехмерную скорость, имеет вид. Причем при нулевой величине $\Lambda_0^2[X(s)]$, что соответствует границе черной дыры, образуется мнимая часть скорости $V^n(s)$

$$\frac{\Lambda_0^2[X(s)]c^2 - \sum_{n=1}^3 \Lambda_n^2[X(s)]\,[V^n(s)]^2}{[V^k(s)]^2} = \frac{1}{u_k^2(s)} =$$

$$= [\frac{\sqrt{\Lambda_0^2(X_0)c^2 - \sum_{n=1}^3 \Lambda_n^2(X_0)\,[V^n(s_0)]^2}}{V^k(s_0)} + \int_{s_0}^{s} \frac{\partial ln\Lambda_k^2(X)}{\partial x_k} ds]^2 =$$

$$[\frac{1}{u_k(s_0)} + \int_{s_0}^{s} \frac{\partial ln\Lambda_k^2(X)}{\partial x_k} ds]^2; \frac{dx_k(s)}{ds} = u_k(s)$$

При действительных начальные условиях, определяющих начальное действительное значение квадратного корня выражение $\Lambda_0^2[X(s)]c^2 - \sum_{n=1}^3 \Lambda_n^2[X(s)]\,[V^n(s)]^2$ положительное. Но при нулевом значении $\Lambda_0^2[X(s)]$ и при степени шероховатости, равной нулю, получается мнимая скорость $V^n(s)$ и мнимая часть $u_k(s)$. Выход из этой ситуации, либо переход в комплексное пространство, либо изменение метрики пространства внутри черной дыры, сделать метрический тензор времени зависимым см [2] §102.

Получается, что в нелинейной ОТО необходима мнимая четырехмерная скорость и наличие шероховатости, предотвращающей нулевую трехмерную скорость, и бесконечность обратной величины скорости

$$u^k(s) = \frac{V^k(s)}{\sqrt{\Lambda_0^2[X(s)]c^2 - \sum_{n=1}^3 \Lambda_n^2[X(s)]\,[V^n(s)]^2}};$$

При условии $\Lambda_0^2[X(s)] = 0$, получается через бесконечность четырехмерной скорости при условии $\Lambda_0^2[X(s)]c^2 - \sum_{n=1}^3 \Lambda_n^2[X(s)]\,[V^n(s)]^2 = 0$ мнимая скорость $u^k(s)$, стремится к бесконечности, поэтому необходимо вводить степень шероховатости, тогда бесконечности четырехмерной скорости не будет. Но бесконечность четырехмерной скорости, ничему не противоречит и вполне возможная. Все эти неприятности с четырехмерной скоростью, возникли из переменных значений $\Lambda_n^2[X(s)], n = 0, \dots, 3$;, которой нет у специальной теории относительности, в которой $\Lambda_n^2[X(s)] = 1, n = 0, \dots, 3$.

Поэтому физики не используют связь между трехмерной скоростью и четырехмерной скоростью ОТО. Я же пренебрег этим не гласным вопросом и получил новые свойства преобразований Лоренца, но это в другой статье.

Список литературы

1. Якубовский Е.Г. Все разнообразие Вселенной в одной нелинейной системе уравнений / Е.Г. Якубовский // Сборник тезисов докладов на конференции. Научный диалог: естественные науки. – Чебоксары: Интерактив плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https:/interactive-plus.ru/ru/article/562880/discussion_platform (дата обращения: 14.09.2024).

2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц // Теория поля. – В 2 т. Т. 2. – М.: Наука, 1973. – 504 с. – EDN SIZFJT