УДК 53

Якубовский Евгений Георгиевич
инженер
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
г. Санкт-Петербург

DOI 10.21661/r-562006

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУППОВОЙ И ФАЗОВОЙ СКОРОСТИ И ИХ СВЯЗЬ

Аннотация*: автор задумывается над вопросом, какую скорость надо писать в преобразовании Лоренца – фазовую или групповую. Оказалось, что если интервал и координаты имеют приращение, то нужно использовать групповую скорость, а если координаты и интервал постоянные, то надо использовать фазовую скорость. По мнению автора, это очень странный результат, в вакууме в СТО значит справедлива фазовая скорость, а ОТО групповая. Хотя, согласно представлениям автора, групповая скорость в вакууме очень маленькая примерно 10^(-9) см/сек и значит релятивистский знаменатель в ОТО в вакууме мнимый, т.е. не штрихованные координаты и время мнимые. Однако в случае групповой скорости происходит замена Vk = (Vsep)^2 / Ck; Сф = (Vsep)^2 / Сгруп; Xn = 2pi / Кн; t = 2pi / w и тогда малое значение групповой скорости оправданно и релятивистский знаменатель действительный. Эта статья является продолжением статьи [1].*

Ключевые слова*: групповая скорость, фазовая скорость, преобразование Лоренца.*

Формула Лоренца для координат и времени не отличается от формулы Лоренца относительно частоты и волнового числа благодаря формулам пересчета. Интервал у волнового числа и частоты выглядит следующим образом:

$$dK^2 = \left(\frac{d\omega^2}{c^2_{\text{груп}}} - \sum_{n=1}^{3} dk_n^2\right) F^2(\omega) = \left(\frac{d\omega'^2}{c'^2_{\text{груп}}} - \sum_{n=1}^{3} dk_n'^2\right) F^2(\omega') \quad (1)$$

где используется спектр сигнала. В общей теории относительности используется интервал и учитывается форма сигнала. Если форма сигнала неизвестная, то нужно использовать $f^2(t) = 1$.

$$ds^2 = \sum_{i,k=0}^{3} g_{ik} V^i V^k f^2(t) dt^2 = \sum_{i=0}^{3} \lambda_k (V^k)^2 f^2(t) dt^2;$$

$$\lambda_0 > 0; \lambda_k < 0, k = 1, \dots, 3$$

Уравнения ОТО относительно волновых чисел имеют вид

$$dK^2 = \sum_{i,n=0}^{3} g_{ik} dk^i dk^n F^2(\omega) = \sum_{n=0}^{3} \lambda_n \left(\frac{d\omega}{c_n}\right)^2 F^2(\omega); \lambda_0 > 0; \lambda_n < 0, n = 1, \dots, 3$$

Т.е. получаются уравнения относительно фазовых скоростей. Но я привожу эту формулу для того, чтобы написать другую формулу

$$dK^2 = \sum_{m,n=0}^{3} g_{mn} dk^m dk^n F^2(\omega) = [g_{00} \frac{d\omega^2}{\text{с}_{\text{груп}}^2} + 2 \sum_{n=1}^{3} g_{0n} \frac{d\omega}{\text{с}_{\text{груп}}} dk^n -$$

$$- \sum_{m,n=1}^{3} g_{mn} dk^m dk^n] F^2(\omega)$$

Эта формула ОТО содержит групповую скорость, с учетом дифференциалов волновых чисел и при делении на квадрат приращения частоты образует проекции групповой скорости. Формулу с дифференциалами (1), надо переписать в виде:

$$dK^2 = \left[\frac{d\omega^2}{\text{с}_{\text{груп}}^2} - \frac{d\omega^2}{\text{с}_1^2} - \frac{d\omega^2}{\text{с}_2^2} - \frac{d\omega^2}{\text{с}_3^2}\right] F^2(\omega)$$

$$= [\frac{d\omega'^2}{\text{с}_{\text{груп}}'^2} - \frac{d\omega'^2}{\text{с}_1'^2} - \frac{d\omega'^2}{\text{с}_2'^2} - \frac{d\omega'^2}{\text{с}_3'^2}] F^2(\omega') > 0$$

И тогда минимальное значение групповой скорости не вызывает вопросов, преобразования Лоренца для обратных величина проекций групповой скорости имеет вид:

$$\frac{F(\omega) d\omega}{k_1} = \frac{\left(\frac{1}{k_1'} + \frac{c_{sep}^2}{\omega' c_{\text{груп}}'} \frac{\text{с}_{\text{груп}}}{c_1}\right) F(\omega') d\omega'}{\sqrt{1 - \text{с}_{\text{груп}}^2 \left(\frac{1}{\text{с}_1^2} + \frac{1}{\text{с}_2^2} + \frac{1}{\text{с}_3^2}\right)}};$$

$$\frac{c_{sep}^2 F(\omega)d\omega}{\omega c_{\text{груп}}} = \frac{(\frac{c_{sep}^2}{\omega' c'_{\text{груп}}} + \frac{1}{k'_1}\frac{c_{\text{груп}}}{c_1})F(\omega')d\omega'}{\sqrt{1 - c_{\text{груп}}^2\left(\frac{1}{c_1^2} + \frac{1}{c_2^2} + \frac{1}{c_3^2}\right)}};$$

$$\frac{F(\omega)}{k_2}d\omega = \frac{F(\omega')}{k'_2}d\omega'; \frac{F(\omega)}{k_3}d\omega = \frac{F(\omega')}{k'_3}d\omega';$$

$$V_k = \frac{c_{sep}^2}{c_k}; c_F = \frac{c_{sep}^2}{c_{\text{груп}}}; x'_n \leftrightarrow 2\pi/k'_n; t' \leftrightarrow 2\pi/\omega'$$

$$c_{\text{груп}}^2\left(\frac{1}{c_1^2} + \frac{1}{c_2^2} + \frac{1}{c_3^2}\right) = \frac{V_1^2+V_2^2+V_3^2}{c_F^2}; c_{sep} = \sqrt{c_{se}c_{sp}} = c\sqrt{\frac{2\sqrt{137m_e m_p}}{m_{Pl}}} = \frac{6.13cm}{s} \quad (2)$$

Данная связь связывает параметры сигнала и его спектра и позволяет обойти соотношение неопределенности при измерении в двух системах координат. Имеется глубокая связь между двумя преобразованиями Лоренца и связью сигнала и его спектра.

При отсутствии связи спектра и его обратного преобразования, эти два преобразования Лоренца независимые и умножать на спектр сигнала не надо. В случае равенства нулю интервала релятивистский знаменатель равен нулю, как и в случае обычного преобразования Лоренца в случае, когда пространственная часть движется со скоростью света.

По поводу групповой скорости единого поля имеется описание элементарных частиц через свойства частиц вакуума. В случае произвольного ранга частиц вакуума, коэффициент усреднение произведений функции Лежандра сводится к формуле:

$$U = -\frac{e^2 l_\gamma^{l+1}}{r_\gamma^{l+2}}\sum_{k,p}^{N}\frac{\left(r_{kp}, d_k\right)^{l+1}}{r_{kp}^{2l+3}} = -\frac{e^2 l_\gamma^{l+1}}{r_\gamma^{l+2}}\frac{m^{l+1}}{m_\gamma^{l+1}}\frac{\left(r_{kp}, d_k\right)^{l+1}}{r_{kp}^{2l+3}} =$$

$$= -\frac{m^{l+1}c^{2l+2}r_\gamma^l}{e^{2l}} < [P_l(cos\theta)]^{l+1} >= -\frac{m^{l+1}c^{2l+2}r_\gamma^l}{e^{2l}}\int_{-1}^{1} P_l^{l+1}(x)\,dx$$

Вычислим скорость звука для остальных мультиполей:

$$c_s^2 = \frac{\partial p}{\partial \rho} = -\frac{\partial U}{\partial m} = \frac{m^l c^{2l+2} r_\gamma^l}{e^{2l}}P_l = \frac{m^l c^{2l+2} r_\gamma^l}{e^{2l}}P_l = \frac{m^l c^2\sqrt{137^l}}{m_{Pl}^l}P_l$$

$$\frac{c_s}{c}=\sqrt{\frac{2m^l\sqrt{137^l}}{m_{Pl}^l}P_l};r_\gamma=\frac{e^2\sqrt{137}}{m_{Pl}c^2}=1.38\cdot 10^{-34}cm$$

Получается, что скорость звука в вакууме мультиполей ничтожно мала, и звук может распространяться с ничтожной скоростью в них. Что не скажешь о диполях частиц вакуума, скорость распространения звука в которых конечная, но малая. Получается скорость звука в диполях вакуума равна для электрона $c_{se}=\sqrt{\frac{2m_e\sqrt{137}}{m_{Pl}}}=3.13c\cdot 10^{-11}=\frac{0.9386cm}{s};\int_{-1}^{1}P_0(x)dx=2$ для протона $c_{sp}=\sqrt{\frac{2m_p\sqrt{137}}{m_{Pl}}}=1.3415\mathrm{c}\cdot 10^{-9}=\frac{40.21cm}{s}$. Эти скорости близки к средней скорости звука в вакууме $c_s=\sqrt{c_Fc_g}=\pi^{0.5}137^{0.25}\frac{cm}{s}=6.063\frac{cm}{s}$. Среднее геометрическое скорости электрона и протона в вакууме близко к средней скорости в вакууме $c_{sep}=\sqrt{c_{se}c_{sp}}=\frac{6.13cm}{s}$, вместо скорости $c_s=6.063\frac{cm}{s}$. Это и понятно, основными элементарными частицами вакуума с очень малой плотностью являются долгоживущие частицы электрон и протон. Групповая скорость равняется $c_{\text{груп}}=\frac{c_{sep}^2}{c}=1.2591\cdot 10^{-9}$см/сек.

Благодаря формулам пересчета, преобразование Лоренца не изменилось. Эта формула содержит дифференциалы волновых чисел, что существенно в уравнении ОТО. Отмечу, что наличие дифференциалов расстояния и времени не требуют наличия групповой скорости, из этих дифференциалов не следует групповая скорость.

Рассмотрим проблему космологической постоянной. Она соответствует плотности энергии вакуума $\Lambda=8\pi G\frac{w}{c^4}$, где w плотность энергии. При этом плотность энергии вакуума считается по следующей формуле $w=\frac{1}{2}\int\frac{d^3k}{8\pi^3}\sqrt{k^2+m^2}=\int_0^\Lambda\frac{k^2dk}{4\pi^2}\sqrt{k^2+m^2}\cong\frac{\Lambda^4}{16\pi^2}$. Где величина $\Lambda=m_{Pl}$. Переведем эту формулу к размерному виду $w=\int_0^{m_{Pl}c/\hbar}\frac{k^2dk}{4\pi^2}\sqrt{\hbar^2k^2c^2+m^2c^4}=\frac{k^4\hbar c}{16\pi^2}|_{k=m_{Pl}c/\hbar}=\frac{m_{Pl}^4c^5}{16\pi^2\hbar^3}=\frac{k^3m_{Pl}c^2}{16\pi^2}$. Эта величина очень большая и не соответствует малой плотности энергии вакуума и, следовательно, не может определить космологическую постоянную. В чем же дело? Ошибка заключается в применении формулы микромира к формулам макромира. Волновое число в общем виде равно $k = \frac{1}{\frac{\hbar}{mc}+\frac{137\cdot G\cdot m}{c^2}}$, где коэффициент 137 возник из-за формулы $1+\frac{e^2}{m^2G}$.Поэтому необходимо использовать групповую скорость единого поля $c_g = \frac{1.2591\times 10^{-9}\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$.

Плотность вакуума считается по формуле $\frac{w}{c^2} = \frac{k^3 m_{Pl}}{16\pi^2} = \frac{c_g^6}{16\pi^2 137^3 G^3 m_{pl}^2} = 0.955\times 10^{-29}\,\frac{\mathrm{g}}{cm^3}; k = \frac{1}{\frac{\hbar}{m\cdot c}+\frac{137\cdot G\cdot m}{c_g^2}}; \hbar_{eff} = \hbar + \frac{137\cdot G\cdot m^2}{c_g}$. Плотность вакуума считается по формуле $\frac{w}{c^2}=\frac{k^3m_{Pl}}{16\pi^2}=\frac{c_g^6}{16\pi^2 137^3G^3m_{pl}^2}=0.955\times10^{-29}\frac{\mathrm{g}}{cm^3};k=\frac{1}{\frac{\hbar}{m�c}+\frac{137�G�m}{c_g^2}};\hbar_{eff}=\hbar\frac{137�G�m^2}{c_g}$. ; $m_{Pl}=2{,}176�10^{-5}/\sqrt{137}$ получена плотность открытой модели Вселенной. Открытая модель Вселенной соответствует групповой скорости, равной $1.2591�10^{-9} см/сек$.

Выводы.

Использование имеющей малое значение в вакууме групповой скорости позволило описать другое преобразование Лоренца относительно обратной частоты, играющей роль времени и обратного волнового числа, играющего роль координаты. Вычислен коэффициент пропорциональности между прямым и обратным параметром. Причем обратные частота и волновое число в формуле преобразований Лоренца играют роль времени и координаты. Это преобразование описывает системы, спектр и основную функцию. При этом для волнового числа и координаты, для частоты и времени выполняется $�k�x\ge\frac{1}{2};�\omega�t\ge\frac{1}{2}$ и в предельном случае знак равенства. Но в преобразованиях Лоренца частота и период, волновое число и длина волны пересчитываются точно, по одинаковым формулам. Измерив в двух разных системах координат в одной частоту и волновое число, а в другой время и координату, можно их пересчитать в одну общую систему координат получим точные значения этих параметров.

Список литературы

1. Якубовский Е.Г. Волновое уравнение для диэлектрика не инвариантно относительно преобразования Лоренца со скоростью света в вакууме / Е.Г. Якубовский // Интерактивная наука. – 2024. – №1 (87). – С. 55–59. – ISSN 2414–9411. – DOI 10.21661/r-561704. EDN CXMBMD