



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

18-85-98

Г.Н.Зорин

ФАЗОВАЯ СКОРОСТЬ ДЕ БРОЙЛЯ  
И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА

Направлено в сборник  
"Проблемы теории гравитации  
и элементарных частиц"

1985

Де Бройль для доказательства волновых свойств электрона помимо корпускулярных пользовался "только специальным принципом относительности и постулатом о справедливости квантового соотношения ( $E = h\omega'$ ) как для неподвижного, так и для движущегося наблюдателя"<sup>1/1/</sup>. При этом такой синтез постулатов стал возможным только при условии, что фазовая скорость электрона превышает скорость света в вакууме, несмотря на кажущуюся парадоксальность последнего по отношению к релятивистскому принципу.

В работе<sup>2/2/</sup> было доказано, что никакой парадоксальности в этом нет, если рассматривать скорость света в качестве универсальной скорости:

$$c = c' \quad /1/$$

Тогда в пространстве-времени /пр-вр/ Минковского работают два представления преобразований Лоренца /ПЛ/:

$$\begin{cases} x' = (x - vt) / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}; \\ t' = [t - (v/c^2)x] / \sqrt{1 - (v^2/c^2)} \end{cases} \quad /2/$$

с правилом сложения групповых скоростей

$$v'' = (v + v') / [1 + (vv'/c^2)] \quad /3/$$

и

$$\begin{cases} x' = [x - (c^2/V)t] / \sqrt{1 - (c^2/V^2)}; \\ t' = [t - (1/V)x] / \sqrt{1 - (c^2/V^2)} \end{cases} \quad /4/$$

с правилом сложения фазовых скоростей

$$V'' = [1 + (c^2/VV')] / [(1/V) + (1/V')]. \quad /5/$$

Связь групповой и фазовой скоростей в этом случае соответствует соотношению де Бройля

$$vV = c^2, \quad /6/$$

которое он получил в работах<sup>1/1/</sup>.

Согласно Дираку<sup>/3/</sup>, "поля и частицы - это не два различных объекта, а два способа описания одного и того же объекта...". Групповая скорость характеризует поступательное движение корпускулы, а фазовая скорость - характеристика волнового процесса. Если исключить в преобразованиях /2/ и /4/ скорость света с помощью /6/, получим преобразования, содержащие одновременно групповую и фазовую скорость материальной точки /м.т./:

$$\begin{cases} x' = (x - vt) / \sqrt{1 - (v/V)^2}; \\ t' = [t - (1/V)x] / \sqrt{1 - (v/V)^2}. \end{cases} \quad /7/$$

Такие преобразования образуют группу движения м.т. при условии, что

$$vV = v'V', \quad /8/$$

так как при переходе к системе отсчета с двумя штрихами

$$\begin{cases} \bar{x}'' = \frac{x - \{(v + v') / [1 + (v'V)]\}t}{\sqrt{[1 - (v/V)][1 - (v'/V)] / [1 + (v'V)]^2}}; \\ \bar{t}'' = \frac{t - \{(1/V) + (1/V')\}x / [1 + (v'V)]}{\sqrt{[1 - (v/V)][1 - (v'/V)] / [1 + (v'V)]^2}} \end{cases} \quad /9/$$

требуется обязательный переход равенств

$$\begin{aligned} [1 - (v/V)][1 - (v'/V)] / [1 + (v'V)]^2 = \\ = 1 - \{(v + v')[(1/V) + (1/V')] / [1 + (v'V)][1 + (v/V)]\} \end{aligned} \quad /10/$$

и

$$\begin{aligned} [1 - (v/V)][1 - (v'/V)] / [1 + (v'V)]^2 = \\ = 1 - \{(v + v')[(1/V) + (1/V')] / [1 + (v'V)][1 + (v/V)]\} \end{aligned} \quad /11/$$

в тождества для того, чтобы преобразования /7/ образовали группу движения. Т.е. в случае преобразований /7/ не требуется постулировать универсальность /1/. Условие /8/ следует само по себе из требования образования группы движения преобразованиями /7/. Из группового характера преобразований /7/ при условии /8/ следует как правило сложения для групповых скоростей

$$v'' = (v + v') / [1 + (v'V)], \quad /12/$$

так и правило сложения фазовых скоростей

$$V'' = [1 + (v/V)] / [(1/V) + (1/V')]. \quad /13/$$

Очевидно, такая группа адекватна перемещению м.т., участвующей одновременно как в поступательном движении, так и в волновом процессе. Легко убедиться, что относителю преобразований /7/ инвариантом будет

$$(ds)^2 = (dx)^2 - vV(dt)^2 \quad /14/$$

в отличие от инварианта

$$(ds)^2 = (dx)^2 - c^2(dt)^2 \quad /15/$$

относительно ПЛ /2/ и /4/. Переход в преобразованиях /7/ к с приводит или к ПЛ /2/, содержащим только групповую скорость, или к ПЛ /4/, содержащим только фазовую скорость.

Так как, согласно работе /2/,

$$\lim(2) \quad \text{при } c \rightarrow \infty \quad \begin{cases} \bar{x}' = \bar{x} - v\bar{t}; \\ \bar{t}' = \bar{t} \end{cases} \quad /16/$$

с правилом сложения групповых скоростей

$$v'' = v + v' \quad /17/$$

представляет собой преобразования Галилея /ПГ/, то

$$\lim(4) \quad \text{при } c \rightarrow 0 \quad \begin{cases} \underline{x}' = \underline{x}; \\ \underline{t}' = \underline{t} - (1/V)\underline{x} \end{cases} \quad /18/$$

с правилом сложения фазовых скоростей

$$V'' = 1 / [(1/V) + (1/V')] \quad /19/$$

также будет в пр-вр Галилея представлением ПГ только с фазовой скоростью. Два таких представлений ПГ в одноименном пр-вр соотносятся между собой аналогично ПЛ /2/ и /4/ в пр-вр Минковского. Тогда в таком полном пр-вр Галилея /16/, /18/ инвариантом будет

$$d\bar{x}' d\bar{x}' - vV d\bar{t}' d\bar{t}' = d\underline{x} d\underline{x} - vV d\underline{t} d\underline{t}. \quad /20/$$

Условие /8/ также обязательно и для полного пр-вр Галилея /16/, /18/, так как при переходе к системам отсчета с двумя штрихами

инвариант /20/

$$d\tilde{x}'' d\tilde{x}'' - v'V' dt'' dt'' = d\tilde{x} d\tilde{x} - v'V' dt dt - v dt d\tilde{x} + (v'V'/V) dt d\tilde{x} \quad /21/$$

возможен только при условии

$$(v'V'/V) dt d\tilde{x} - v dt d\tilde{x} = 0. \quad /22/$$

Все это указывает на то, что галилеевские координаты  $\tilde{x}$ ,  $\tilde{x}'$ ,  $\tilde{t}$ ,  $\tilde{t}'$ ,  $\tilde{x}$ ,  $\tilde{x}'$ ,  $\tilde{t}$  и  $\tilde{t}'$  принадлежат пр-вр Минковского с интервалом /14/.

Из сопоставления произведения

$$\{(v + v')/[1 + (vv'/c^2)]\} \{[1 + (c^2/VV')][(1/V) + (1/V')]\} = c^2 \quad /23/$$

в пр-вр Минковского /2/, /4/ с произведением

$$(v + v') \{1/[(1/V) + (1/V')]\} = \text{const} \quad /24/$$

в полном пр-вр Галилея /16/, /18/ следует, что пр-вр Минковского с интервалом /15/ является пр-вр с фиксированной универсальной скоростью в отличие от полного пр-вр Галилея, представляющего собой пр-вр с произвольной универсальной скоростью. Наличие произвольной универсальной скорости в полном пр-вр Галилея физически оправдано из-за существования различного рода граничных скоростей в механике Ньютона-Галилея. Например, в результате превышения телом скорости звука в среде образуется волновой фронт в виде конуса Маха.

Предел при условии

$$\begin{cases} v \rightarrow 0; \\ V \rightarrow \infty \end{cases} \quad /25/$$

для всех преобразований /2/, /4/, /7/, /16/ и /18/ приводит к евклидовым преобразованиям

$$\begin{cases} \tilde{x}' = \tilde{x}; \\ \tilde{t}' = \tilde{t}, \end{cases} \quad /26/$$

координаты которых также принадлежат пр-вр Минковского с интервалом /14/, так как пр-временной интервал /14/ является инвариантом преобразований /26/ из-за условия

$$\lim_{\substack{v \rightarrow 0 \\ V \rightarrow \infty}} (vV) \rightarrow \text{const} \quad /27/$$

Тем самым преобразования /26/ образуют вырожденную группу движения в пр-вр Минковского только с относительной нулевой скоростью, указывая на наличие относительного покоя в этом пр-вр. Такая группа /26/ может быть физическим обоснованием существования динамически равновесных систем в пр-вр Минковского /4/.

Как следует из сравнения преобразований /7/ с преобразованиями /16/ и /18/, в пр-вр Минковского с интервалом /14/ совершенно исключен переход преобразований /7/ соответственно в преобразования /16/ и /18/ из-за условия /8/. Из фактов, что законы движения твердого тела галилей-инвариантны, а законы движения элементарных частиц релятивистски инвариантны, следует однозначная физическая интерпретация такой равноправности преобразований /16/ и /18/ с преобразованиями /7/ в пр-вр Минковского с интервалом /14/: галилеевское движение адекватно механическому перемещению твердого тела, а лоренцевское - адекватно движению элементарных объектов, из которых образуется это тело. Тогда содержание классических законов движения в разложении релятивистских законов в ряд Тейлора свидетельствует не о приближенном характере механики Ньютона, а указывает на возможность или участие элементарных объектов, из которых состоит твердое тело, в его перемещении помимо движений в самом теле согласно остальным членам разложения. В результате всего этого соответственно пределы /16/ и /18/ пл /2/ и /4/ будут означать не приближение, а возможность существования "корпускулы" и "волны" в отдельности в роли "объекта", а не "способа описания" только в классическом виде, что реально и наблюдается. Поэтому в пр-вр Минковского с интервалом /14/ должны существовать законы перехода механической энергии в электромагнитную.

С одной стороны, пр-вр Галилея соответствует нулевому гравитационному полю, что эквивалентно полю постоянного во всем пр-вр гравитационного ускорения /5/. С другой стороны, инвариантность пр-временного интервала /20/ относительно линейной комбинации координат ПГ /16/, /18/ свидетельствует о принадлежности галилеевских координат пр-вр Минковского с интервалом /14/. Поэтому появляется естественная возможность введения гравитации в пр-вр Минковского, которое пусто из-за отсутствия в этом пр-вр ее определения. Такая возможность реализована в работе /4/ путем введения нового измерения с размерностью радиан, преобразование которого

$$\kappa' = [\kappa - (v/c) \kappa] \sqrt{1 - (v^2/c^2)} \quad /25/$$

естественным образом дополняет преобразования Лоренца. Согласно решению уравнения движения, полученного в результате такого введения гравитации в пр-вр Минковского, м.т. участвует в циклоидальном движении, состоящем из поступательного движения и вращательного, которое представляет собой суперпозицию двух ортогональных гармонических колебаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. De Broglie L. Compt.Rend., 1923, 177, p.507; Compt.Rend., 1923, 177, p.548.
2. Зорин Г.Н. Релятивистская кинематика электрона в атоме. В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. Энергоатомиздат, М., 1984, вып.14, с.176; ОИЯИ, P18-84-401, Дубна, 1984.
3. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля. "Мир", М., 1971, с.9.
4. Зорин Г.Н. Гравитационная обусловленность существования электрического заряда и его магнитного момента. В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. Энергоиздат, М., 1981, вып.12, с.155; ОИЯИ, P18-84-402, Дубна, 1984; ОИЯИ, P18-84-403, Дубна, 1984.
5. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. "Мир", М., 1972, с.21.

СООБЩЕНИЯ, КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ, ПРЕПРИНТЫ И СБОРНИКИ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИЙ, ИЗДАВАЕМЫЕ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЯВЛЯЮТСЯ ОФИЦИАЛЬНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ.

Ссылки на СООБЩЕНИЯ и ПРЕПРИНТЫ ОИЯИ должны содержать следующие элементы:

- фамилии и инициалы авторов,
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс публикации,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы /при необходимости/.

Пример:

1. Переушин В.Н. и др. ОИЯИ, P2-84-649, Дубна, 1984.

Ссылки на конкретную СТАТЬЮ, помещенную в сборнике, должны содержать:

- фамилии и инициалы авторов,
- заглавие сборника, перед которым приводятся сокращенные слова: "В кн."
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс издания,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы.

Пример:

Колпаков И.Ф. В кн. XI Международный симпозиум по ядерной электронике, ОИЯИ, D13-84-53, Дубна, 1984, с.26.

Савин И.А., Смирнов Г.И. В сб. "Краткие сообщения ОИЯИ", № 2-84, Дубна, 1984, с.3.

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 февраля 1985 года.