

ВОЕННО-МОРСКАЯ ОРДЕНОВ ЛЕНИНА, ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И УШАКОВА АКАДЕМИЯ ИМЕНИ МАРШАЛА СОВЕТСКОГО СОЮЗА
А.А.ГРЕЧКО

ПРИЛОЖЕНИЕ

К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМУ ОБЗОРУ ОТЕЧЕСТВЕН-
НОЙ И ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, КОРРЕЛИ-
РУЮЩЕЙ С ЕДИНОЙ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КВАНТО-
ВОЙ ТЕОРИЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОЛЯ

Ленинград

1979

ПРИЛОЖЕНИЕ К ОБЗОРУ РАБОТ, КОРРЕЛИРУЮЩИХ С ТФП
(Переводы иностранных работ, выполненные в ПНИИ)

- I. (к § I) Эфир, как сверхтекучее состояние пар частиц-античастиц *Sinha K.P., Sivaram C., Sudarshan E.C.G.*
"Aether as a superfluid state of particle-antiparticle pairs."
№ 1, 1976. "Found. Phys."

АННОТАЦИЯ

Предложена новая модель эфира, согласно которой эфир есть сверхтекучее состояние фермион-антифермионных пар, описываемых макроскопической волновой функцией. Вакуумное состояние этой сверхтекучей жидкости заполняет всю вселенную и может быть ответственно за недостающую материю. Видимая материя во вселенной проявляется как возбуждения лежащего в основе сверхтекучего вакуума.

I. ВВЕДЕНИЕ

Концепция светящегося эфира, как среды, поддерживающей электромагнитные волны, была отброшена после появления специальной теории относительности. Эфир, как его понимает классическая физика, на самом деле ведёт к нескольким противоречиям; в частности эфир, имеющий определённую скорость в каждой пространственной точке, может проявлять преимущественное направление. Это вступает в конфликт с релятивистским требованием, что все направления внутрисветового пучка эквивалентны. Тем не менее, несколько лет то-

му назад Дирак [1,2] показал, что мы должны принимать во внимание квантовые флуктуации эфира. Его аргументы включают приложение принципа неопределённости к скорости эфира в какой-либо пространственно-временной точке и приводят к тому, что скорость может не быть точно определённой величиной. В действительности это может быть распространено на различные величины. Лучше всего представить эфир волновой функцией ψ , соответствующей первоначальному вакуумному состоянию. Квантовое описание эфира имеет некоторые дефекты, в частности вопрос о вязком действии, оказываемом таким эфиром, остаётся открытым в этой модели. Эта трудность исчезает, если эфир сверхтекучий.

2. НОВАЯ МОДЕЛЬ

В этой статье мы предлагаем новую модель эфира, согласно которой он рассматривается как сверхтекучее состояние фермионных пар. Хотя модель приложима ко всем парам частица-античастица, мы будем для удобства использовать фермион-антифермионные пары.

Вакуум, образующий фон Вселенной, предполагается состоящим из таких пар, полностью определяющих море частиц-античастиц. В дальнейшем мы рассмотрим для простоты "почти нереальную ситуацию", имеющую место в этом море. Гамильтонион в этом приближении [т.е., если пренебречь членами $O(\frac{1}{c^2})$] будет включать кинетическую энергию и энергию короткодействующего взаимодействия. Далее мы предположим, что пары имеют орбитальное состояние $\bar{L} = 0$ с ну-

левой величиной полного спина $\vec{S} = \frac{1}{2}(\sigma_+ + \sigma_-)$, где: σ_+ и σ_- есть спиновые операторы частиц, о которых идёт речь; для примера позитрон и электрон, соответственно Гамильтонион для "моря" таких пар в представлении моментов имеет форму:

$$H = \sum \epsilon_k C_{k,\sigma_-}^+ C_{k,\sigma_-} + \sum \epsilon_k d_{k,\sigma_+}^+ d_{k,\sigma_+} - \sum V_c(k,k') C_{k',\sigma_-}^+ d_{-k',-\sigma_-}^+ d_{-k',-\sigma_-} C_{k,\sigma_-} \quad (I)$$

где: $(C_{k,\sigma_-}^+, C_{k,\sigma_-})$ и $(d_{k,\sigma_+}^+, d_{k,\sigma_+})$ операторы частиц и античастиц (рождения, уничтожения) для состояния момента k и соответствующей ориентации спина. Поскольку мы выбрали $\vec{S} = 0$, мы имеем $\sigma_+ = -\sigma_-$ для пары. Это отражено в члене взаимодействия (третий член в (I)). Энергии отдельных частиц, которые включают энергию фермионов и антифермионов Хартри-Фока, обозначаются так: $\epsilon_k^{(c)} = \epsilon_k^{(d)} = \epsilon_k$

Предполагая отсутствие какого-либо глобального ориентирующего (внешнего) поля, эффективное (близкое) взаимодействие двух тел (пары) представляется как

$$V_c(k,k') \quad (2)$$

Точная природа этого взаимодействия предполагается неизвестной (сравните с работой Клозеукса⁽³⁾). Гамильтониан, заданный уравнением (I), имеет форму, сходную с Гамильтонионом Бардена, Купера и Шиффера⁽⁴⁾ (БКШ) для сверхпроводимости в металлах. Разница в том, что каждая пара в данном

случае электрически нейтральна. Для дальнейших вычислений мы будем использовать их результаты и предположим, что $V_z = V_0$ есть постоянная для $|\epsilon_k| < \epsilon_c$ и ноль - в других случаях.

Таким образом, основное состояние энергии вышеупомянутого фермион-антифермионного вакуума будет понижено на $\Delta E = \frac{1}{2} N(0) \Delta^2$, где Δ есть параметр щели:

$$\Delta = \epsilon_c \exp\left[-\frac{1}{N(0)} V_0\right] \quad (3)$$

и $N(0)$ - плотность состояний на поверхности Ферми. Эта конденсация вышеупомянутого вакуума (с нулевым моментом и в нулевом спиновом состоянии) будет обнаруживать корреляцию ~~в~~ сверхтекучей жидкости (или ~~с~~ сверхпроводников). Эфир в основном состоянии идентифицируется^с вышеупомянутой сверхтекучей жидкостью, содержащей море таких пар. Отсюда следует, что какой-либо объект, движущийся через эфир, не будет способен обмениваться энергией и моментом со сверхтекучей жидкостью (до особого граничного момента) и, следовательно, не будет испытывать какой-либо вязкости. Тем не менее, если энергия превышает параметр щели Δ , ситуация будет несколько иная (этим займёмся позднее).

Энергия элементарного возбуждения E_k (одиночной квазичастицы) задаётся так:

$$E_k = (\epsilon_k^2 + \Delta^2)^{\frac{1}{2}}$$

Для пары это есть $2 E_k$

Мы постулируем, что масса частиц возникает преимущественно из взаимодействия. Поэтому энергия щели будет ответственна за массу. Тогда в духе Намбу и Жана-Лозино [5] $\Delta = mc^2$ (5) Одновременно мы идентифицируем ϵ_k с pc , где p есть абсолютная величина линейного момента частицы. Заметим, что если параметр щели много больше, чем $\epsilon_k = pc$, мы получим обычную нерелятивистскую энергию одиночной частицы. Энергия возбуждения пары частиц будет по крайней мере равна удвоенной энергии щели, то есть $2|\Delta| = 2mc^2$. Эта энергия щели обнаруживает себя в появлении остаточной массовой энергии пар частица-античастица на фоне сверхтекучего вакуума.

Вышеупомянутый аргумент является достаточно общим и применим ко всем фермионным парам частица-античастица. Если частицы взаимодействуют очень сильно, например, протон-антипротон или мюон-антимюон, щель будет больше, то есть порядка их наблюдаемых остаточных массовых энергий. Таким образом, наблюдаемые остаточные массы элементарных частиц могут быть отношением сил взаимодействий, в которых они принимают участие. Хорошо известно, что сверхтекучее поведение обнаруживается, когда скорость жидкости меньше, чем скорость элементарного возбуждения. Критическая скорость жидкости, выше которой условия сверхтекучести для эфир не будут выполняться, может быть оценена из равенства:

$$v_c \approx \frac{|\Delta|}{\hbar k} \quad (6)$$

где $\hbar k$ есть момент возбуждения. Если мы выберем k ,

имеющим порядок обратной комптоновской длине волны возбуждения, то получим:

$$v_c \approx \frac{mc^2}{mc} = c$$
, где "c" есть скорость света. Это, по-видимому, нижняя оценка. v_c может быть больше, чем "c". Поскольку наблюдаемые скорости большинства небесных объектов значительно ниже "c", сверхпроводимость эфира будет сохраняться. Имеется также возможность коллективных возбуждений, имеющих энергию ниже, чем ширина энергетической щели, которые можно рассматривать, как экситон-подобные моды или моды Голдстоуна.⁽⁶⁾

Предположение, что фотон есть коллективное возбуждение таких фермионных полей, было сделано ранее несколькими авторами⁽³⁾. Это связано с нарушением симметрий, сопровождающих переход в сверхтекучее состояние.

Для релятивистской формулировки нужно рассмотреть Лагранжиан типа Хиггса⁽⁷⁾. Теперь хорошо установлено, что Лагранжиан Хиггса соответствует релятивистскому обобщению теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау [8,9]. Как естественное следствие, механизм Хиггса будет давать массивные калибровочные мезоны.

3. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Имеется другой путь рассмотрения этой модели. Образующий фон сверхтекучий эфир и элементарные возбужденные состояния эфира могут рассматриваться как компоненты, полностью определяющие наблюдаемую Вселенную. Полевое уравнение Эйнштейна для этой двухжидкостной картины, то есть нормальной материи и сверхтекучей (образующий фон вакуума), может

быть записано так:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -\kappa [T_{\mu\nu} + (T_{\mu\nu})_{\text{вак}}] \quad (8)$$

где: $\kappa = \frac{8\pi G}{c^4}$ и $T_{\mu\nu}$ и $(T_{\mu\nu})_{\text{вак}}$ — тензоры энергии — момента нормальной и сверхтекучей материи. Последнее может быть реинтерпретировано в терминах космологической константы при условии, что мы выбираем

$$(T_{\mu\nu})_{\text{вак}} = \left(\frac{\Lambda c^4}{8\pi G} \right) g_{\mu\nu} \quad (9)$$

где мы использовали обобщение полевого уравнения Эйнштейна с Λ членом, то есть:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda g_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu}$$

для получения уравнения (9).

Вышеупомянутая интерпретация предполагает новый путь рассмотрения модели Вселенной де-Ситтера, которая теперь больше не пуста, но наполнена сверхтекучим эфиром, составляющим субстрат космоса.

Его плотность вычисляется так:

$$\rho \approx \frac{\Lambda c^2}{8\pi G} \quad (10)$$

Итак, грубо идентифицируя Λ с обратным корнем квадратным из радиуса Вселенной, то есть радиусом Хаббла (10^{28} см), мы получим из уравнения (10)

$$\rho = 10^{-29} \text{ г/см}^3.$$

Это может быть сравнено с теоретическими оценками (II) плотности материи во Вселенной $2 \cdot 10^{-29}$ г/см³ и плотностью видимой материи $3 \cdot 10^{-31}$ г/см³. Видимая материя могла бы соответствовать здесь обычной материи, проявляющейся как элементарные возбуждения, а невидимая материя — сверхтекучую компоненту. Это хорошо известный парадокс современной космологии, заключающийся в том, что большое количество материи невидимо и имеет различные предполагаемые формы — нейтронов, чёрных дыр, гравитационных волн и т.д.

Невидимый сверхтекучий эфир предполагается здесь считать ответственным за эту недостающую материю. Сверхтекучая природа лежащего в основе (материи) эфира может объяснить однородную температуру всепроникающей чернотельной радиации, равной $3^\circ K$. Поскольку термическая проводимость сверхтекучей жидкости практически бесконечна, однородность температуры может быстро установиться, если исключить источники с выделением энергии, такие как Солнце.

Итак в некоторых изолированных областях Вселенной, где температура порядка энергии диссоциации пар, то есть $k_B T = 2 m_e c^2$, $T = 6 \cdot 10^9 K$ (m_e — электронная масса), огромное число пар будет появляться из сверхпроводящего вакуума. Энергии аннигиляции, генерируемой такими парами, будет, возможно, достаточно для обеспечения чудовищной светимости квазаров. Практически бесконечная термическая проводимость сверхтекучей жидкости приведет к эволюционной модели Вселенной, несколько отличающейся от сложившейся теории.

ВЫВОДЫ

Следовательно, эфир, рассматриваемый в настоящей статье, есть сверхтекучее состояние пар частица-античастица. Эфир постулирован как смесь всех пар частица-античастица, каждая из которых имеет собственно характеристическую энергетическую щель. Щель проявляется как остаточная массовая энергия частиц, подлежащая определению. Пары коррелируют друг с другом в построении сверхмакроскопического квантового состояния всей Вселенной, связанного с дальним порядком в пространстве моментов, которое описывается простой волновой функцией сверхтекучего вакуумного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. A. M. Dirac, *Nature*, 168, 906 (1951).
2. P. A. M. Dirac, *Nature*, 169, 708 (1952).
3. J. Les Cleizieux *J. Phys.* A6, 597 (1973).
4. J. Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. Schrieffer
Phys. Rev. 108, 1175 (1957).
5. Y. Nambu and Jona-Lasinio
Phys. Rev. 122, 345 (1961).
6. P. C. Martin in "Superconductivity"
R. D. Parks, ed. (1969).
7. P. W. Higgs, *Phys. Rev. Lett.* 13 508 (1964).
8. M. B. Nielsen and Polesen, *Nucl. Phys.* B61
45 (1973).
9. M. Grentz *Phys. Rev.* D 10 2696 (1974).

10. W. de Sitter , Proc. Roy. Acad. Sci (Amst.)
20 1309 (1917).
11. J. H. Oort , "La structure et l'évolution de
l'univers", Brussels Inst. Inter.
Phys. Solvay (1958).
12. F. J. Dyson in "Aspect of Quantum Theory"
A. Salam and E. P. Wigner, eds
Camb. Univ. Press, L. (1972).