

К газовым свойствам вакуума.

Джан П. Солонар

Полтавская обл. г Кременчуг

2018г

Аннотация.

При исследовании космического пространства был обнаружен микроволновой фон, температура которого была принята равной 2,7 К [2].

При такой температуре любая среда, состоящая из материальных частиц, должна находиться в состоянии квантовой жидкости [5]. Поэтому вакуум можно рассматривать как фотонную жидкость (ф -жидкость), состоящую из элементарных микрочастиц, то есть фотонных частиц (ф – частиц). Причем эти частицы должны представлять собой квантовые осцилляторы.

Ключевые слова: квантовая жидкость, фотонная жидкость.

Annotation.

At research of space was discovered by microwave background the temperature of that was accepted by equal 2,7 To [2]. At such temperature any environment consisting of material particles must is in the crystalline state or in a state of quantum liquid [5], that can be presented as mixture of gas and liquid, gas liquid. Therefore a vacuum can be examined as a photonic liquid (ф -жидкость) consisting of elementary microparticless, id est photonic particles (ф - particles). Thus these particles must be quantum oscillators and, consequently, to be next characteristics.

Keywords: quantum liquid, photonic liquid.

Согласно [1] и другим данным постоянная Планка, полученная из законов термодинамики, определяется из выражения

$$h = 4,961 \cdot \frac{b \cdot k}{c}, \quad (1)$$

где b – постоянная Вина;

k – постоянная Больцмана;

c – скорость света, фотонов, в вакуумной среде.

Постоянная Вина

$$b = \lambda_m \cdot T \quad (2)$$

где λ_m – длина волны, соответствующая максимальному значению лучеиспускательной способности абсолютно черного тела;

T – температура абсолютно черного тела, соответствующая λ_m .

Из выражений (1) и (2) следует, что скорость световой волны в вакуумной среде

$$c = 4,965 \cdot \frac{k \cdot T \cdot \lambda_m}{h}. \quad (3)$$

Если энергия фотона $\varepsilon = h \nu = m_\phi \cdot c^2$, то

$$c = \sqrt{\frac{4,965 \cdot kT}{m_\phi}}, \quad (4)$$

где m_ϕ – масса фотона.

Скорость звуковых волн в газовой среде

$$v_s = \sqrt{\frac{\alpha \cdot R \cdot T}{M}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot N_A \cdot k \cdot T}{M}}, \quad (5)$$

Где $\alpha = \frac{C_p}{C_v}$ - коэффициент адиабаты, для одноатомных частиц $\alpha=1,67$; для двухатомных частиц $\alpha=1,4$;

R – универсальная газовая постоянная;

N_A – число Авогадро;

M - молекулярный вес газа.

Так как отношение $\frac{M}{N_A}$ равно массе одной частицы газа, то

$$v_s = \sqrt{\frac{\alpha \cdot k \cdot T}{m_0}}. \quad (6)$$

Согласно предположениям де-Бройля, волновые свойства присущи любой элементарной частице среды, движущейся со скоростью v_0 и поэтому для данной частицы длина волны Де-Бройля

$$\lambda = \frac{h}{m_0 \cdot v_0}, \quad (7)$$

где h – постоянная Планка.

В формуле (7), согласно закону распределения Максвелла, необходимо принять наиболее вероятную скорость частицы

$$v_0 = \sqrt{\frac{2k \cdot T}{m_0}}. \quad (8)$$

Исходя из выражений (7) и (8), масса частицы

$$m_0 = \frac{h}{2 \lambda_m \cdot k \cdot T} . \quad (9)$$

Следовательно, скорость звуковой волны в среде, состоящей из элементарных частиц,

$$v_3 = \sqrt{2 \alpha} \cdot \frac{k \cdot T \cdot \lambda_m}{h} . \quad (10)$$

Таким образом, как видно из выражений (3) и (10), (4) и (6), скорость световой и звуковой волн подчиняются одной и той же закономерности.

Так как выражения (1) и (10) выводились из законов термодинамики то, очевидно, можно предположить, что вакуумная среда обладает свойствами, аналогичными свойствам газовой среды, то есть плотностью, молекулярным весом, газовой постоянной, теплоемкостью и т.д.

При исследовании космического пространства был обнаружен микроволновой фон, температура которого была принята равной 2,7 К [2].

При такой температуре любая среда, состоящая из материальных частиц, очевидно, должна находиться в состоянии квантовой жидкости [5]. Поэтому вакуум можно рассматривать как фотонную жидкость (ф -жидкость), состоящую из элементарных микрочастиц, то есть фотонных частиц (ф – частиц). Причем эти частицы должны представлять собой квантовые осцилляторы и, следовательно, иметь следующие свойства.

Обладать энергией нулевых колебаний, которая должна иметь сравнительно большое значение, в связи с чем, частота нулевых колебаний этих частиц достаточно велика.

Силы взаимодействия между ф – частицами незначительны и поэтому эти частицы находятся в интенсивном движении, а их энергия должна определяться, в основном, кинетической энергией.

Распространение упругих волн в ϕ – жидкости, как и в квантовой жидкости, аналогично распространению волн в сплошной среде [5] в связи с чем, распространение фотонов можно представить как движение упругих волн возмущения в фотонной жидкости.

Структура ϕ – жидкости не должна оказывать влияния на распространение в ней упругих волн, если их длина превышает длину свободного пробега ϕ - частиц, которая должна быть соизмерима с расстоянием между ними.

При очень малых λ то есть когда $\lambda \ll l$ важную роль, по-видимому, начнет играть вязкость ϕ жидкости. Причем в связи с наличием вязкости энергия фотонов при их движении будет изменяться и в конечном итоге, достигнет нулевого значения, в связи с чем и масса фотона, то есть его масса покоя, будет стремиться к нулю.

Такие энергетические параметры ϕ – жидкости, как внутреннюю энергию, теплоемкость, энтропию, необходимо определять из законов квантовой теории.

Остальные параметры, такие как массу частиц, их плотность, молекулярный вес и т.д., очевидно можно находить из законов кинетической теории газов.

Во многих работах вакуумную среду представляют адиабатной системой, в связи с чем объем одного моля ϕ – жидкости V_2 можно найти из соотношения:

$$T_1 V_1^{\alpha-1} = T_2 V_2^{\alpha-1} \quad (11)$$

где T_1, V_1 – соответственно температура и объем ϕ – жидкости при нормальных условиях, то есть $T_1=273$ К и $V_1 = 2,24 \cdot 10^{-3}$ м³;

T_2 – температура ϕ – жидкости, составляющая 2,7 К.

Если принять, что данная жидкость состоит из унитарных частиц, то показатель адиабаты $\alpha = 1,67$.

При таких значениях T_2 и α объем одного моля будет достигать $V_2=22,5\text{ м}^3$, а плотность частиц – $n = 2,7 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$.

Так как смещение частиц в ϕ – жидкости должно подчиняться волновым уравнениям, то минимальная длина этих волн, которая будет определять и длину свободного пробега ϕ – частиц [2,5]

$$\lambda_{\phi} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{n}} \quad (12)$$

При плотности $n = 2,7 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ длина свободного пробега $l = \lambda_{\phi} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

Если исходить из того, что энергия фотона $h \cdot \gamma = m_{\phi} \cdot c^2$, то масса фотона

$$m_{\phi} = \frac{h}{c^2} \cdot \gamma \quad (13)$$

Величину $\frac{h}{c^2}$, равную $0,74 \cdot 10^{-50} \text{ кг}$, можно, очевидно, представить как массу единичной элементарной длины фотона, состоящего из γ таких волн.

Причем, как видно из ее определения, эта масса является величиной постоянной при определенных свойствах вакуумной среды.

Избыточная плотность среды $\rho_{\text{ж}}$, вызванная ее движением, связана со скоростью колебательного движения частиц среды v и скоростью ее движения с соотношением

$$\rho_{\text{ж}} = \rho_0 \cdot \frac{v}{c} \quad (14).$$

Для световой волны $c = v$, и поэтому, если рассматривать фотон как упругую волну в ϕ – жидкости, то плотность,

обусловленная ее движением, должна равняться плотности этой жидкости в состоянии покоя, то есть $\rho_{\text{ж}} = \rho_0$.

Согласно [2], в нашей Галактике плотность энергии света, которую можно представить как энергию упругих волн, распространяющихся в фотонной жидкости, составляет $5 \cdot 10^{-14}$ Дж.

При скорости движения фотонов $c = 3 \cdot 10^8$ м/с плотность ф – жидкости $\rho = 2,2 \cdot 10^{-30}$ кг/м³. При такой плотности объем, занимаемый элементарной волной фотона, составляет $3 \cdot 10^{-21}$ м³ и, следовательно, в ней должно находиться $\approx 10^2$ ф – частиц.

Масса этих частиц при таких условиях будет составлять $\approx 8 \cdot 10^{-53}$ кг. В соответствии с этим, молекулярный вес фотонной жидкости $\mu = 2 \cdot 10^{-27}$ кг / моль.

Далее можно рассмотреть свойства ф-жидкости исходя из ее квантового состояния.

При температуре ф – жидкости, равной 2,7 К, ф – частицы, очевидно, находятся в вырожденном состоянии, а их поведение должно описываться на основании статистики Бозе – Эйнштейна или Ферми-Дирака в зависимости от того, каким спином они обладают. Если предположить, что ф – частицы имеют целостный или нулевой спин, то они должны описываться статистикой Бозе – Эйнштейна. Как известно, этой статистике подчиняются системы, состоящие из фотонов, некоторых ядер, для которых не накладывается ограничение на число частиц, находящихся в данной системе на нижнем уровне.

Среднее число ф – частиц, находящихся в одном состоянии, которое называется функцией распределения Бозе – Эйнштейна [3],

$$n_i = \frac{1}{e^{\frac{h\nu - \mu}{k \cdot T}} - 1}, \quad (15)$$

согласно которой, при $\mu \rightarrow 0$ на нижних энергетических уровнях может в среднем находиться столь угодно большое число ϕ – частиц.

Среднее число этих частиц, имеющих энергии, лежащие в интервале $\varepsilon + d\varepsilon$

$$dn = \frac{dN}{e^{\frac{h\nu - \mu}{kT}} - 1}, \quad (16)$$

а число энергетических уровней в интервале $\varepsilon + d\varepsilon$ и в единице объема

$$dN = \frac{12\pi \nu^2 d\nu}{c^3}, \quad (17)$$

где μ – химический потенциал ϕ – частицы;

c – скорость упругих волн, фотонов, в ϕ – жидкости.

Внутренняя удельная энергия ϕ – жидкости с точностью до нулевой энергии

$$U = \int_0^{\nu_{\max}} h\nu \, dn = \frac{2\pi h^3}{c^3} \int_0^{\nu_{\max}} \frac{\nu^3 \cdot d\nu}{e^{\frac{h\nu - \mu}{kT}} - 1} \quad (18)$$

Для характеристики состояния ϕ – жидкости, поскольку она находится в вырожденном состоянии, вводится температура вырождения, которая достигает значительных величин

$$T_e = \frac{h\nu_{\max}}{k} \quad (19)$$

Так как ϕ – жидкость находится при температуре $T = 2,7$ К, которая больше нуля, но значительно меньше температуры вырождения, а среднее число ϕ – частиц, находящихся на нижних уровнях, должно быть только положительным, то μ можно принять равным нулю. Кроме того, эта величина не может убывать при уменьшении температуры и в силу того, что $\mu < 0$ не может стать положительным.

Тогда уравнение (18) можно записать в виде [2, 5]

$$U = \frac{12 \pi \cdot h^{r_0}}{V^3} \int_0^{\infty} \frac{\gamma^3 \cdot d\gamma}{e^{\frac{h\gamma}{kT}} - 1} \quad (20)$$

Поскольку $T_b \gg 2,7$ К и, следовательно $h\gamma \gg kT$, то

$$U = \frac{4 \pi^5 \cdot k^4 \cdot T^4}{15 h^3 \cdot V^3} \quad (21)$$

Согласно [5], энергия, заключенная в одном моле ϕ – жидкости, $U_{\text{ж}} = 4U$.

При температуре ϕ – жидкости, равной 2,7 К, согласно формуле (21), внутренняя энергия этой жидкости $U = 6 \cdot 10^{-14}$ Дж/м³, а $U_{\text{ж}} = 2,4 \cdot 10^{-13}$ Дж/моль.

Так как в одном моле ϕ – жидкости находится $6,02 \cdot 10^{23}$ частиц, то средняя энергия одной ϕ – частицы $\epsilon_0 = 4 \cdot 10^{-37}$ Дж.

Удельной плотности энергии $U = 6 \cdot 10^{-14}$ Дж/м³ при скорости фотонов $c = 3 \cdot 10^8$ м/с соответствует плотность $\rho = 7 \cdot 10^{-31}$ кг/м³. При этом объем, занимаемый элементарной волной фотона $V_{\phi} \approx 10^{-20}$ м³, а его энергия $\epsilon_{\phi} = 6 \cdot 10^{-34}$ Джс. Следовательно, в данной волне при температуре 2,7 К будет находиться $1,5 \cdot 10^3$ ϕ –

частиц, а их масса $m \approx 3 \cdot 10^{-54} \text{ кг}$. Если энергия ϕ – частицы определяется только ее кинетической энергией, то тепловая скорость данной частицы $v = 4,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, а плотность частиц $n \approx 2 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$. При такой удельной энергии теплоемкость ϕ – жидкости должна составлять $C_v \approx 10^{-13} \text{ Дж/моль}$ или $C_v \approx 10^{17} \text{ Дж/кг}$.

Так как предполагается, что ϕ – жидкость является идеальной жидкостью, то коэффициент внутреннего трения η и теплопроводности χ можно найти из выражений

$$\eta = \frac{1}{3} V \cdot \lambda \cdot \rho \quad (22)$$

$$\chi = \frac{1}{3} \cdot V \cdot \lambda \cdot \rho \cdot C_v \quad (23)$$

После подстановки численных значений в выражения (22), (23) получается, что внутреннее трение в ϕ – жидкости составляет $\approx 5 \cdot 10^{-30} \text{ Н/м}$, а коэффициент внутренней теплопроводности $\chi = 5 \cdot 10^{-13} \text{ Дж/м} \cdot \text{град}$

Таким образом, на основании рассмотрения возможности применения законов термодинамики к определению свойств вакуумной среды, можно отметить следующие выводы:

Выводы.

1. Фотоны можно рассматривать как упругие волны в вакуумной среде, распространяющиеся в ней со скоростью $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, при определенных свойствах этой среды.

2. ϕ – частицы являются элементарными частицами, подчиняющимися статистике Бозе – Эйнштейна и имеющие массу $3 \cdot 10^{-54} \text{ кг}$ при плотности $n = 2,7 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$.

4. Средняя удельная энергия составляет $6 \cdot 10^{-14}$ Дж/м³, коэффициент внутреннего трения достигает $5 \cdot 10^{-30}$ Н/м, а коэффициент теплопроводности $-5 \cdot 10^{-13}$ Дж/м*град.

5. Величины, характеризующие свойства ф – жидкости, определенные из законов классической термодинамики, несколько отличаются от параметров этой жидкости, определенных из законов квантовой механики.

Литература

1. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. Курс физики. Том III, Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. Из-во “Высшая школа”, Москва, 1977.
2. С.Вейнберг. Гравитация и космология. Из-во “Мир”, Москва, 1976.
3. Л.П.Терлецкий. Статистическая физика. Из-во “Высшая школа”, Москва, 1966.
4. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. Справочник по физике. Из-во “Наука”, Москва, 1974.
5. А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. Курс физики. Из-во “Высшая школа”, Москва, 1989.