

## **К теории компактных релятивистских объектов. 3. Фрозарная и фрозонная кристаллизации**

*Захид Закир*<sup>1</sup>

### **Аннотация**

Изучается свободное радиальное падение к общему центру инерции двух и более одинаковых гравитационно-застывших объектов – фрозаров (звёздных масс или сверхмассивных) и фрозонов (частиц планковской энергии, квантовые флуктуации которых застыли в собственном гравитационном поле). Два фрозара не смогут слиться и застывают без соприкосновения ближайших точек их поверхностей, а расстояние между центром инерции системы и центрами фрозаров всегда будет больше гравитационного радиуса системы. Гравитационный радиус системы из трёх и более фрозаров равной массы всегда в несколько раз больше гравитационного радиуса каждого из них. Поэтому свободно падающие фрозары застывают, образовав фрозарный сверхкристалл, где расстояния между поверхностями фрозаров в среднем намного больше радиуса отдельного фрозара. Фрозоны также не смогут сливаться и лишь образуют застывшие комплексы, в основном из пар частица-античастица, от фрозонных атомов вплоть до микрокристаллов. Фрозарная и фрозонная кристаллизации оказываются двумя фундаментальными общерелятивистскими явлениями, определяющими структуру наиболее компактных из относительно массивных объектов в физике частиц, астрофизике и космологии. В астрофизике сверхмассивные сколлапсировавшие объекты в центрах звёздных скоплений, галактик и квазаров вероятнее всего есть сверхкристаллы из фрозаров и обычной материи. В ходе космологического расширения реликтовые фрозонные и фрозарные кристаллы были центрами неоднородностей, а также проявляются как тёмная материя. Если будет обратное сжатие, то вселенная в целом также застынет в состоянии глобального фрозарного кристалла и сжатие остановится, так что не будет космологической сингулярности, а энтропия вселенной сохранится. В физике частиц не будет вершин взаимодействия с фрознами, а компактные объекты с энергией больше планковской есть «атомы», «молекулы» и микрокристаллы из фрозонов.

PACS: 04.20.Dg; 04.70.-s; 97.60.-s, 98.54.-h

*Ключевые слова:* релятивистские звёзды, коллапс, чёрные дыры, фрозары, квазары, активные ядра галактик, элементарные частицы

### **Содержание**

Введение .....	66
1. Невозможность слияния двух фрозаров и фрозарная кристаллизация .....	67
2. Фрозонная кристаллизация на планковских расстояниях .....	68
3. Космологические следствия фрозарной и фрозонной кристаллизаций .....	69
Заключение .....	70
Литература .....	70

---

<sup>1</sup> *Центр теоретической физики и астрофизики, Ташкент, Узбекистан, [zahidzakir@theor-phys.org](mailto:zahidzakir@theor-phys.org)*

## Введение

В первой части статьи [1] изучался коллапс одиночного компактного объекта в рамках стандартной общей теории относительности (ОТО) и обсуждались последствия застывания собственных времён во всех частях объекта по отношению к мировому времени. Было показано, что последовательный учёт застывания как фундаментального физического явления в сильных полях в приближении пылевого вещества ведёт только к образованию фрозаров – застывших звёзд, поверхность которых застыла вне гравитационного радиуса, а мировые линии частиц во всём объёме эволюционируют практически параллельно друг к другу. Такое застывание при этом инвариантно и физические следствия не зависят от того, в каких координатах каких систем отсчёта будут выражены эти два физически выделенных типа времени – локальное собственное время (темп локальных процессов) измеряемое локально стандартными часами и мировое время (глобальная одновременность событий в системе покоя центра объекта) измеряемое глобально синхронизованными координатными часами.

Радиальное падение обычной материи на сформировавшийся фрозар приведёт лишь к увеличению его массы и гравитационного радиуса. При радиальном падении же двух и более уже застывших компактных объектов к общему центру инерции возникает новая ситуация. В ньютоновской гравитации любые компактные объекты сливаются, образовав более крупный компактный объект практически той же структуры, что и до этого. В ОТО же при сближении двух и более фрозаров возникает принципиально новая структура – *фрозарный комплекс вплоть до сверхкристалла*. Это ясно уже на примере трёх фрозаров, которые не смогут слиться, так как гравитационный радиус системы примерно втрое превышает радиус поверхности каждого из них и они застывают целиком на некотором расстоянии друг от друга.

Частицы планковской энергии также переходят в состояние фрозонов – частиц, флуктуации которых застыли в собственном сильном гравитационном поле [1,2]. Поэтому возникают вопросы – могут ли образовываться частицы с энергией больше планковской и какова будет их структура?

В данной части статьи рассматривается коллапс системы из двух и более одинаковых фрозаров с образованием фрозарных сверхкристаллов, а также нескольких фрозонов с образованием фрозонных микрокристаллов. Весь анализ будет проведён в системе покоя центра инерции системы, где существуют глобальные гиперповерхности одновременности  $t = const.$  мирового времени  $t$ .

В первом разделе рассматривается кристаллизация в системах фрозаров. Во втором разделе обсуждается кристаллизация на планковских расстояниях в системах фрозонов и их возможный вклад в тёмную материю. В третьем разделе рассмотрены следствия фрозарной и фрозонной кристаллизаций как новых общерелятивистских механизмов структурообразования.

## 1. Невозможность слияния двух фрозаров и фрозарная кристаллизация

Рассмотрим свободное падение к общему центру инерции двух одинаковых фрозаров массы  $m$ , радиусы поверхностей которых  $r_b$  очень близки к их гравитационным радиусам  $r_b > r_g = 2Gm$  и которые почти вдвое меньше гравитационного радиуса двухфрозарной системы в целом  $\bar{r}_g = 2GM$ .

Для простоты пока будем предполагать, что два фрозара до начала их сближения покоились на небольшом расстоянии (несколько  $r_g$ ), но что их массы определены без учёта дополнительного гравитационного дефекта массы. Учёт этого дефекта массы из-за присутствия второго соседа приведёт к уменьшению как  $m$ , так и  $M$ , так что без потери общности можем считать:

$$M \approx 2m, \quad r_b > r_g \approx \bar{r}_g / 2 \quad (1)$$

Отметим также, что уменьшение гравитационного радиуса системы  $\bar{r}_g$  будет компенсировано соответствующим сплющиванием каждого из фрозаров вдоль направления к центру инерции системы из-за дополнительного радиального сокращения, вызванного присутствием соседа. При этом сферический фрозар превращается в объект с двумя гравитационными радиусами  $r_{g(a)}, r_{g(b)}$  вдоль и поперёк направления к центру системы. Вдоль направления к центру системы соотношение между «малыми» радиусами поверхностей фрозаров и гравитационным радиусом системы по мере приближения фрозаров будет оставаться почти таким же, как и на удалении:  $\bar{r}_g \approx 2r_{g(a)}$ .

При этом, по мере их сближения расстояния между центром инерции системы и наиболее удалёнными точками поверхностей фрозаров, эффективно играющих роль точек «поверхности» системы, всегда будет оставаться больше гравитационного радиуса системы из-за более сильного застывания собственных времён. В результате при застывании системы в целом всегда будет оставаться некоторое расстояние между ближайшими точками поверхностей фрозаров и поэтому даже два фрозара не смогут слиться и при достаточном сближении быстро застывают без соприкосновения их поверхностей.

В случаях трёх или четырёх фрозаров, расположенных симметрично как треугольник или тетраэдр, гравитационный радиус системы в среднем в несколько раз будет превышать гравитационные радиусы отдельных фрозаров и уже речи не может быть о достаточно близком сближении – система застывает в состоянии, когда расстояния между соседями в среднем составляет несколько радиусов каждого из фрозаров.

Интересные конфигурации могут образовывать двухфрозарные системы с другими фрозарами и фрозарными кластерами, где два фрозара уже были объединены и застыли почти соприкасаясь ещё до приближения прочих соседей. В результате остальные одиночные фрозары или их кластеры при приближении к двухфрозарной системе застывают на относительно больших расстояниях от неё.

Таким образом, при приближении фрозаров образуются застывшие двух- или многофрозарные кластеры - *сверхкристаллы*, где отдельные фрозары или двухфрозарные кластеры застывают на небольшом удалении, лишь немного сплющившись, а мировые линии их центров и всех остальных точек будут оставаться практически взаимно параллельными. Поэтому в астрофизике и космологии при

моделировании структуры наиболее компактных гравитационно-застывших массивных или сверхмассивных кластеров из фрозаров и обычной материи наряду с обычными процессами обязательно должно быть учтено формирование фрозарных сверхкристаллов.

## 2. Фрозонная кристаллизация на планковских расстояниях

Факт застывания квантовых флуктуаций в области пространства планковских размеров, где находится частица планковской энергии, обсуждался ещё в 2006 г. в первой публикации по фрозарной трактовке коллапса [1,2]. Частицы планковской энергии, застывшие в собственном сильном гравитационном поле далее будем называть *фрозонами*. Отметим, что при испускании квантов с меньшей энергией фрозон «разморозится», так как энергия остатка также уменьшится и последний становится обычной частицей практически без эффектов гравитационного застывания. Далее будем рассматривать лишь идеализированный случай, когда предполагается существование частиц планковской энергии и где эффекты застывания доминируют, замедляя и сам процесс распада.

Переход виртуальных частиц с планковской энергией, рождающихся в петлевых диаграммах квантовой теории поля, в состояние фрозонов есть фундаментальное ограничение для физики частиц со стороны стандартной ОТО, не зависящее от дальнейших возможных гравитонных поправок. Этот факт исключает расходимость из квантовой теории поля, введя естественное и инвариантное обрезание энергий и расстояний на планковских масштабах. Этим также объясняется высокая эффективность теории возмущений в квантовой электродинамике, в которой однопетлевые поправки при таком гравитационном обрезании составляют десятки и сотые доли от вклада «древесных» диаграмм [1,2].

Здесь возникает вопрос о том, могут ли сливаться два, три и более фрозонов с образованием частиц с большей энергией. Формально вопрос сводится к существованию в квантовой теории поля с учётом общерелятивистских эффектов «квазилокальных» (в смысле локализации в планковском объёме) вершин взаимодействия фрозонов. Ответ оказывается неожиданным – *таких вершин не существует* и фрозоны не могут сливаться, а существующий фрозон практически не может распадаться на два или несколько фрозонов. Это опять связано с застыванием двухфрозонной системы по мере приближения каждого из фрозонов к гравитационному радиусу системы в целом. Такое сближение приведёт лишь к образованию двух- или многофрозонных «*атомов*», в которых процессы сильно замедлены и практически застыли. Эти фрозонные атомы, в свою очередь, могут образовывать фрозонные «*молекулы*», вплоть до образования застывших *фрозонных микрокристаллов*.

Наблюдаемые следствия же такой гравитационной кристаллизации могут быть разнообразными, но самое простое следствие состоит в том, что фрозоны и фрозонные «атомы», если они существуют, будут проявляться как «*тёмная материя*». С обычным веществом и излучением они будут взаимодействовать в основном чисто гравитационно и практически не будут участвовать в остальных взаимодействиях. Это связано с тем, что, во-первых, почти все их квантовые числа будут компенсированы эффектами поляризации вакуума, так что многофрозонные структуры будут формироваться преимущественно за счёт конденсации пар частица-античастица, а во-вторых, разницы между их соседними уровнями энергии порядка планковской энергии, и в третьих, если что и будет происходить, то это в мировом времени будет длиться гораздо дольше, чем прочие более ординарные процессы.

Итак, гравитационная кристаллизация без слияния - это основной процесс, который будет доминировать в системах из нескольких сближающихся фрозонов и образующиеся в результате фрозонные микрокристаллы могут входить в состав «тёмной материи» наряду с одиночными фрозоном.

### **3. Космологические следствия фрозарной и фрозонной кристаллизаций**

Фрозоны и их микрокристаллы, образовавшиеся в самые ранние периоды Большого Взрыва, в ходе расширения практически не будут «размораживаться» и будут проявляться как тёмная материя. Этот механизм формирования тёмной материи, проявляющейся во многих структурах, не требует введения новых видов полей и частиц, так как достаточно рассматривать переход в состояние фрозонов квантов известных полей в экстремальных условиях начала расширения.

В закрытых моделях Вселенной эра сжатия будет связана с тем, что доминировать будут сверхгалактики с яркими ядрами и с большим числом компактных объектов, в особенности, фрозарами и фрозарными сверхкристаллами. Так как большинство вещества сосредоточится в компактных объектах, то, в частности, при сближении и слиянии белых карликов и нейтронных звёзд образуются сначала одиночные фрозары, а по мере сближения фрозаров будут возникать многофрозарные сверхкристаллы. Аналогичный процесс с участием ядер галактик и квазаров приведёт к образованию полужастывших сверхмассивных сверхкристаллов.

Таким образом, эра сжатия будет принципиально отличаться от эры расширения тем, что основная часть вещества будет застывать в форме фрозарных сверхкристаллов со всё более растущими эффективными гравитационными радиусами. В конечном итоге эти сверхкристаллы воспрепятствуют и дальнейшему сжатию Вселенной в целом и сжатие до очень малых объёмов не произойдёт.

При образовании фрозарных сверхкристаллов и их слиянии в конечном итоге в тотальный сверхкристалл в масштабах Вселенной, Большой Коллапс прекращается с переходом в Большое Застывание.

Однако, если до этого какие-либо процессы приведут к остановке сжатия и к последующему расширению, то начнётся новый цикл. Но, этот цикл уже не будет похож на предыдущий, так как большая часть вещества так и останется в виде фрозарных сверхкристаллов, которые никак не зависят от космологического расширения и эта застывшая материя будет проявляться как сверхмассивные ядра галактик и квазаров.

Одним из общепринятых представлений, приписываемых стандартной ОТО является утверждение об образовании начальной или конечной космологической сингулярностей в сжатом состоянии. Обычно считается, что проблема возникает тогда, когда процесс описывается с точки зрения сопутствующего наблюдателя в терминах его собственного времени. Но и в этом случае последовательное применение ОТО позволяет снять эту проблему.

Дело в том, что до сих пор рассматривалось сжатие всей Вселенной до планковского объёма  $V_{pl}$ . Однако каждая из отдельных «точечных» элементарных частиц есть «внешний наблюдатель» относительно любой другой частицы и при сближении до  $l_{pl}$  собственное время каждого из них оказывается замедленной относительно мирового времени центра инерции данной системы частиц.

Поэтому в действительности в ОТО следует рассматривать сжатие *каждого* из  $N_0$  нынешних частиц и образовавшихся  $\Delta N$  квантов до объёма  $V_{pl}$ , после чего длина волны этих частиц перестаёт уменьшаться. В результате предельно малый объём Вселенной  $V_{min}$ , до которого в принципе может продолжиться сжатие, есть сумма этих элементарных объёмов  $V_{pl}$  каждой из частиц и в единицах планковского объёме он всегда будет больше произведения  $V_{pl}$  и нынешнего числа фундаментальных частиц во Вселенной:

$$V_{min} > N_0 V_{pl} \sim 10^{88} V_{pl}. \quad (2)$$

При достижении этого наименьшего объёма  $V_{min}$  частицы окажутся застывшими из-за собственных гравитационных полей и сжатие Вселенной остановится в терминах космологического собственного времени тоже.

В космологии ранее возникала также проблема большой величины энтропии из-за того, что предполагалось сжатие Вселенной до объёма одного  $V_{pl}$ . Но если учесть, что в закрытой Вселенной сжатие продолжается лишь до предельно малого объёма  $V_{min}$  (2) с сохранением числа частиц не менее нынешнего, то и в действительности в ОТО нет проблемы большой величины энтропии.

Большое число элементарных объёмов при предельном сжатии и соответствующее «число ячеек» как раз и характеризуют энтропию Вселенной, которая далее сохраняется также, как в целом сохраняется остаточное среднее число частиц в более поздние периоды расширения.

### Заключение

В отличие от ньютоновской картины слияния сколлапсировавших объектов, в ОТО слияние гравитационно-застывших объектов не происходит. Вместо этого они образуют гравитационные атомы, молекулы и сверхкристаллы, где сколлапсировавшие объекты застыли на достаточном удалении друг от друга.

Такая гравитационная кристаллизация в результате порождает новое состояние вещества, которое по всей видимости присутствует в виде тёмной материи, а также образует центры большинства массивных галактик.

### Литература

1. Закир З. (2006) *Теор. физ., астрофиз. и космол.*, **1**, 3, 51; (2007) **2**, 1, 1; [arXiv:0507.2585](https://arxiv.org/abs/0507.2585).
2. Закир З. (2012) *Теор. физ., астрофиз. и космол.*, **7**, 1, 1.