

УДК 372.853

**А.И. СЕРЫЙ****О СИСТЕМАТИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ СВЕДЕНИЙ  
О ЧЕРНЫХ ДЫРАХ**

Поскольку черные дыры (ЧД) являются важнейшим объектом Мироздания и играют существенную роль в эволюции Вселенной, их изучению уделяется внимание и в школьном, и в вузовском курсах астрономии. В связи с этим представляется целесообразным осуществить некоторую систематизацию сведений о них в виде таблиц. Представленная здесь систематизация не претендует на полноту, но может быть полезной в учебном процессе (некоторые сведения – только в вузовских курсах).

Рассмотрим решения уравнений Эйнштейна в метрике Шварцшильда (есть также метрики Робертсона – Уолкера [1, с. 81–86], де Ситтера [2, с. 458], Мизнера, Шарпа и др.). Из таблицы 1 видно, что на характер решений существенно влияют такие факторы, как вращение и заряд ЧД.

Таблица 1 – Решения в метрике Шварцшильда

ЧД	Невращающаяся	Быстро вращающаяся
Незаряженная	Шварцшильда [1, с. 69]	Керра [1, с. 80]
Заряженная	Райсснера – Нордстрёма [1, с. 78]	Ньюмана [1, с. 81]

Более детальное сравнение этих решений приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Особенности решений в метрике Шварцшильда

Решение	Год	Симметрия	Метрический тензор $g_{\mu\nu}$
Шварцшильда	1916	сферическая	диагональный
Райсснера – Нордстрёма	1916, 1918	сферическая	диагональный
Керра	1963	цилиндрическая	недиагональный
Ньюмана	1965	цилиндрическая	недиагональный

Примечание. Диагональность метрического тензора определяется из развернутой записи выражения  $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ , где  $dx^0 = dt, dx^1 = dr, dx^2 = d\theta, dx^3 = d\varphi$  (координаты Крускала [1, с. 69]; существуют также, к примеру, координаты Бойера–Линдквиста [2, с. 453]).

Все известные на сегодняшний день ЧД можно разделить на 4 основных типа, сравнительную характеристику которых приведем в таблице 3.

Таблица 3 – Основные типы ЧД (на основе [2, с. 452] и других источников)

1	I	II	III	IV
2	Я. Зельдович, Е. Солпитер [3, с. 527]	русские ученые	Р. Оппенгеймер, Г. Снайдер	Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, С. Хокинг
3	1964 [3, с. 641, 647]	на рубеже XX–XXI вв.	1939	1966, 1972 [4, с. 285]
4	$\sim 10^6 \div 10^9$	$\sim 10^3 \div 10^4$ [5, с. 100]	$\sim 1 \div 10$	$\ll 1$ (сравнима с массой города или планеты) [5, с. 100]
5	$\sim 10^{11} \div 10^{14}$	$\sim 10^8 \div 10^9$	$\sim 10^6$	$< 10^{-10} \div 10^{-13}$ [5, с. 100]
6	конечный продукт эво- люции звездных скоплений	1) топологически нетри- виальные конфигурации скалярных полей на ран- нем этапе существования Вселенной; 2) из обычно- го звездного вещества под влиянием сгустков темной материи	коллапс после ох- лаждения, конеч- ный продукт эво- люции массивных звезд	первичные не- однородности при $T \sim 10^{30}$ К в течение времени $\tau \sim 10^{-35}$ с после Большого Взры- ва [5, с. 100]
7	I	I	I	II
8	Лебедь X-1 [2, с. 452]	ведутся поиски	возможно лишь при вращении ве- щества вокруг ЧД; реакция $4H \rightarrow He$	см. таблицы 4–6

Примечания. 1. Тип ЧД: I. Галактические (в центрах галактик). II. Промежуточные. III. Звездных масштабов (по массе). IV. Первичные. 2. Автор идеи о их существовании. 3. Год. 4. Масса (в массах Солнца). 5. Радиус, см. 6. Теоретическое объяснение возникновения. 7. Возможность непосредственного наблюдения хокингского излучения: I. Нет, т.к. масса ЧД слишком велика, поэтому интенсивность излучения слишком мала. II. Да (нейтринное), если масса меньше  $10^{15}$  г. 8. Излучение иного происхождения.

Дополнительно о первичных ЧД см. в таблицах 4–6.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика первичных черных дыр [6, с. 3, 4]

Масса, г	время жизни	возможность обнаружения
$10^9 \div 10^{10}$	$1 \div 400$ с после Большого взрыва	по излучению $\gamma, e^+, e^-, \tilde{p}$
$\sim 10^{15}$	$\sim 10^9$ лет	по излучению $\gamma, \tilde{p}$
$10^{15} \div 10^{30}$	$\sim 10^9$ лет	по поглощению планет и звезд
$> 10^{30}$	$\sim 10^9$ лет	методом микролинзирования

Первичные ЧД можно обнаружить и косвенно по излучению, исходящему от поглощаемых нейтронных звезд (НЗ) или белых карликов (БК).

Таблица 5 – Сравнительная характеристика поглощения БК и НЗ первичной ЧД

Поглощаемый объект	Время поглощения	Преобладающий вид излучения при всплеске	Кто теоретически исследовал	Когда
НЗ [6, с. 4, 7]	$\sim 10^6$ лет	гамма	С. Хокинг	1972
БК [6, с. 6, 9]	$\sim 10^9$ лет	нейтринное	В.В. Тихомиров, С.Э. Сягло	2001–2005

В случае БК, однако, нужно отличать нейтринную вспышку от той, которая происходит при взрыве Сверхновой с коллапсирующим ядром.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика нейтринных вспышек

Процесс	Мощность, эрг/сек	$\tau$ , с	Полная энергия, эрг
Поглощение БК первичной ЧД [6, с. 8, 9]	$(1 \div 2) \cdot 10^{52}$ в теч. почти 0.05 сек	до 0.3	до $1.1 \cdot 10^{51}$
Взрыв Сверхновой с коллапсирующим ядром [6, с. 9]	$\sim 10^{52}$	$\sim 10$	до $5 \cdot 10^{53}$

Автор выражает благодарность В. В. Тихомирову (без участия которого публикации [5] и [6] не смогли бы выйти в свет), за важные замечания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. т'Хоофт, Г. Введение в общую теорию относительности / Г. т'Хоофт. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 96 с.
2. Физическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров; ред. кол. : Д. М. Алексеев [и др]. – М. : Большая Российская Энциклопедия, 1998. – Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость. – 691 с.
3. Шапиро, С. Л. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды : пер. с англ. : в 2 ч. / С. Л. Шапиро, С. А. Тьюколски – М. : Мир, 1985. – Ч. 2. – 257–656 с.
4. Новиков, И. Д. Физика черных дыр / И. Д. Новиков, В. П. Фролов. – М : Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 328 с.
5. Булыка, Г. Дыры времен сотворения мира / Г. Булыка // Беларуская думка. – 2003. – № 11. – С. 99–104.
6. Сягло, С. Э. Поглощение астрофизических объектов как метод поиска первичных черных дыр : автореф. дис. ... кан. физ.-мат. наук : 01.04.16 / С. Э. Сягло ; Ин-т физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси. – Минск, 2007. – 16 с.