

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Экзотика чёрных дыр: космонавт вблизи горизонта

(о методической заметке А.А. Гриба и Ю.В. Павлова
"Возможно ли увидеть бесконечное будущее Вселенной
при падении на чёрную дыру?")

А.М. Черепашук

Комментируется методическая заметка А.А. Гриба и Ю.В. Павлова (УФН 179 279 (2009)). Отмечается неуместность цитирования авторами заметки выдержки из научно-популярной книги А.М. Черепашука "Чёрные дыры во Вселенной" (Фрязино, Век 2, 2005), в которой говорится о космическом корабле, неподвижно зависшем вблизи горизонта событий чёрной дыры, а не свободно падающем на чёрную дыру. Делается вывод о том, что с учётом этого недоразумения, заметка А.А. Гриба и Ю.В. Павлова является полезной в методическом плане.

PACS numbers: 04.20.-q, 04.70.-s

DOI: 10.3367/UFNr.0179.200908m.0915

Я с интересом прочитал методическую заметку А.А. Гриба и Ю.В. Павлова "Возможно ли увидеть бесконечное будущее Вселенной при падении на чёрную дыру?" [1], в которой на строгом математическом уровне разъясняются некоторые детали, касающиеся структуры пространства-времени чёрной дыры. К настоящему времени открыто несколько тысяч кандидатов в чёрные дыры, а выполненные в последнее время наблюдения процессов вблизи горизонтов событий некоторых сверхмассивных чёрных дыр согласуются с предсказаниями общей теории относительности. Это, как однажды удачно выразился В.Л. Гинзбург, укрепляет нашу уверенность в том, что чёрные дыры реально существуют. Поэтому важно правильно понимать структуру чёрных дыр (подобно тому, как мы понимаем структуру звёзд) и адекватно отражать её в соответствующей научно-популярной литературе. Этому способствует статья А.А. Гриба и Ю.В. Павлова. Она дополняет книги и статьи И.Д. Новикова и В.П. Фролова (см., например, [2, 3]), написанные на эту тему.

Хотел бы сделать пару замечаний по статье А.А. Гриба и Ю.В. Павлова [1], для того чтобы снять некоторые недоразумения.

Во введении авторы [1, с. 280] цитируют (вполне точно) выдержку из моей популярной книжки *Чёрные дыры во Вселенной* [4, с. 7]: "Если теперь обратить ситуацию и посмотреть, что увидит космонавт из окна космического корабля, зависшего вблизи чёрной дыры, то

оказывается, что события во внешней Вселенной проходят в чрезвычайно ускоренном темпе..." Подчеркну, что здесь я говорю о космическом корабле, *не* свободно падающем на чёрную дыру (что является главной темой рассмотрения в статье авторов), а о корабле, *неподвижно зависшем* непосредственно над горизонтом событий (например, под действием включённых гипотетических сверхмощных тормозящих двигателей).

Далее по тексту авторы [1] критикуют процитированную выдержку, подчёркивая, что в данном случае неуместно употребление термина "бесконечное будущее". Но если космонавт падает радиально на сверх массивную чёрную дыру и, включив сверхмощный двигатель, останавливается и зависает у самого горизонта событий (на расстоянии от горизонта порядка размеров космического корабля, т.е. $\sim 10^{-10}$ от радиуса горизонта), то различие в темпах хода времени космонавта и объектов внешней Вселенной в данном случае будет столь велико, что космонавт сможет увидеть "практически" бесконечное будущее нашей Вселенной. Разумеется, прямым наблюдениям внешней Вселенной при этом будет мешать ряд известных причин: сильный фон излучения, захваченного чёрной дырой внутрь фотонной сферы, эффекты гравитационного линзирования света далёких частей Вселенной в сильном гравитационном поле чёрной дыры, сильное фиолетовое смещение фотонов, приходящих к горизонту чёрной дыры из внешней Вселенной; наконец, и само понятие космонавта в нашем случае — условное, поскольку он должен выдерживать действие огромных сил гравитации вблизи горизонта событий.

В кратком упоминании о физике чёрных дыр (моя книжка [4] посвящена главным образом изложению новейших наблюдательных данных по чёрным дырам) я не имел возможности описывать все эти причины. В данном случае, как мне кажется, достаточно было указать лишь на принципиальную возможность наблю-

А.М. Черепашук. Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Университетский просп. 13, 119992 Москва, Российская Федерация Тел./Факс (495) 939-36-44, (495) 932-88-41
E-mail: cher@sai.msu.ru

Статья поступила 30 марта 2009 г.

дения очень далёкого будущего Вселенной. В более подробном изложении, опубликованном в книге (также процитированной авторами) *Астрономия. Век XXI* [5], я отметил одну из этих причин: "...правда, энергия фотонов, принимаемых космонавтом из внешней Вселенной, смеется в высокогенергичную часть спектра, и ему понадобятся специальные приборы, чтобы вести наблюдения...". Возможно, мне следовало бы описать все причины, затрудняющие наблюдения, а также упомянуть о том, что в случае затруднений с прямыми наблюдениями космонавту после зависания вблизи горизонта событий следует, включив двигатели корабля на ускорение, вернуться назад во внешнюю Вселенную, для того чтобы непосредственно увидеть очень далёкое будущее. Однако вряд ли целесообразно вдаваться в такие детали в книге, посвящённой в основном описанию наблюдательного статуса чёрных дыр. Резюмируя, можно заключить, что цитата из моей книжки [4], приведённая в статье А.А. Гриба и Ю.В. Павлова [1], и её критика имеют малое отношение к той интересной задаче о свободном падении на чёрную дыру, которую рассматривают авторы. И вряд ли с этой критикой можно согласиться.

Ещё одно замечание. Авторы статьи [1, с. 282] подчёркивают, что поскольку сингулярность находится в будущем по отношению к горизонту событий, "увидеть" сингулярность внутри чёрной дыры до момента катастрофической гибели невозможно. Но когда я в книжке [4, с. 9, 10] писал о том, что, двигаясь во времени под горизонтом событий, космонавт увидит централь-

ную сингулярность, я не указывал, в какой момент он её увидит. Разумеется, он увидит сингулярность в момент своей гибели; поэтому на рис. 2 в моей книжке [4], где условно изображена картина, которую увидит космонавт, движущийся под горизонтом событий, сингулярность не отмечена. Важно то, что в отличие от внешнего наблюдателя (вне горизонта) космонавт в принципе может достигнуть сингулярности. В данном случае я согласен с мнением авторов статьи [1], что в научно-популярной литературе следует следить за аккуратностью в использовании терминологии. По-видимому, вместо слова "увидит" лучше было бы употребить слово "достигнет".

В целом, я считаю статью А.А. Гриба и Ю.В. Павлова полезной в методическом плане и проясняющей ряд особенностей таких экстремальных объектов, как чёрные дыры.

Список литературы

- Гриб А А, Павлов Ю В УФН **179** 279 (2009) [Grib A A, Pavlov Yu V *Phys. Usp.* **52** 257 (2009)]
- Новиков И Д, Фролов В П *Физика чёрных дыр* (М.: Наука, 1986) [Novikov I D, Frolov V P *Physics of Black Holes* (Dordrecht: Kluwer Acad., 1989)]
- Новиков И Д, Фролов В П УФН **171** 307 (2001) [Novikov I D, Frolov V P *Phys. Usp.* **44** 291 (2001)]
- Черепашук А М *Черные дыры во Вселенной* (Фрязино: Век 2, 2005)
- Черепашук А М, в сб. *Астрономия: Век XXI* (Ред.-сост. В Г Сурдин) (Фрязино: Век 2, 2007) с. 219

Exotic aspects of black holes: an astronaut near the horizon

A.M. Cherepashchuk

P.K. Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University,
Universitetskii prosp. 13, 119992 Moscow, Russian Federation
Tel./Fax (7-495) 939-36 44, (7-495) 932-88 41
E-mail: cher@sai.msu.ru

A methodological note by A.A. Grib and Yu.V. Pavlov (*Usp. Fiz. Nauk* **179** 279 (2009) [*Phys. Usp.* **52** 257 (2009)]) is commented on to show that its authors are incorrect in understanding a passage which they quote from A.M. Cherepashchuk's book "Black Holes in the Universe" (Fryazino: Vek-2, 2005, p. 7) and which supposes an astronaut to be at rest in the vicinity of the horizon (not to fall free onto the black hole!). With this error corrected, Grib and Pavlov's is quite a useful note methodologically.

PACS numbers: **04.20. –q, 04.70. –s**

DOI: 10.3367/UFNr.0179.200908m.0915

Bibliography — 5 references

Received 30 March 2009

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **179** (8) 915–916 (2009)

Physics – Uspekhi **52** (8) (2009)