

УДК:531.51

## К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКАХ ГРАВИТАЦИОННОГО РАДИУСА

**Е.К. Петров**

Тверской государственной университет,  
кафедра теоретической физики

Показано, что общепринятая оценка гравитационного радиуса завышена в 2 раза и не соответствует определению коллапсара как закрытой системы.

Гравитационным или шварцшильдовским радиусом называют наибольший радиус поверхности коллапсара, от которого световой или любой другой сигнал уже не может достичь внешнего наблюдателя. В литературе по теории гравитации и астрофизике [1] общепринятой формулой для расчета гравитационного радиуса является следующая:

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}. \quad (1)$$

здесь  $G$  – гравитационная постоянная;  $c$  – скорость света,  $M$  – масса коллапсара.

Впервые формула (1) была получена в 1798 г. Лапласом, разумеется, в рамках ньютоновской физики (поскольку сочинение Лапласа труднодоступно, сошлемся на [2]). При этом предполагалось, что свет состоит из корпускул массой  $m$ . Корпускула может удалиться от тела массой  $M$  на бесконечность, если её кинетическая энергия  $\frac{1}{2}mV^2$  ( $V$  – радиальная скорость) равна гравитационной  $GmM/r$ :

$$\frac{GmM}{r} = \frac{1}{2}mV^2.$$

Устремляя  $V \rightarrow c$ , получаем для гравитационного радиуса выражение (1).

Этот расчет некорректен не только потому, что проводится без учета релятивистских эффектов, а, прежде всего потому, что в его основу заложено неверное представление о поведении светового кванта. Использование выражения для кинетической энергии световой частицы предполагает варьирование её скорости от  $c$  до 0, в то время как скорость света в вакууме всегда постоянна и в гравитационном поле может меняться только частота кванта.

Ранее [3] для гравитационного радиуса максимона нами получено выражение:

$$r_g = \frac{GM}{c^2}. \quad (2)$$

Этот результат справедлив для любых коллапсаров. Действительно, квант света, масса которого  $m = \hbar\omega$  способен вырваться с поверхности тела и уйти на бесконечность при условии

$$\frac{GmM}{r_g} = mc^2.$$

Отсюда и получается выражение (2).

Полученный нами результат не противоречит и СТО, так как в основе нашего расчета лежит закон сохранения энергии, закон обратных квадратов и принцип постоянства скорости света. Все эти положения справедливы в рамках общей теории относительности. Но остается вопрос: почему формула для гравитационного радиуса, полученная Шварцшильдом, совпадает с лапласовской? Не повторяя здесь выкладок Шварцшильда, заметим лишь, что при решении уравнений Эйнштейна возможен некоторый произвол в определении постоянных, связанный с неоднозначностью выбора начальных условий.

Есть много способов проверки истинности наших результатов и соответствия формулы (2) определению «черной дыры». Вычислим, например, первую космическую скорость для тел, радиусы которых определяются

формулами (1) и (2). Получаем  $\frac{\sqrt{2}}{2}c$  и  $c$  соответственно. Первый результат не

несет никакой особенной информации, второй же оказывается более интересным. То, что первая космическая скорость оказалась равной  $c$ , является запретом вылета тел, обладающих массой покоя через сферу, определяемую формулой (2), что соответствует определению «черной дыры».

Возможность открытия «черных дыр» во Вселенной абсолютное большинство исследователей связывает с наблюдением аккреционных процессов, т.е. процессов захвата вещества гравитационным полем коллапсара и его исчезновение при переходе горизонта событий. Именно для адекватной интерпретации указанных наблюдений наиболее важна правильная оценка гравитационного радиуса. Интересно, что при радиальном падении тела из бесконечности на коллапсар, у поверхности сферы, определяемой формулой (2), тело приобретает кинетическую энергию

$$E_{аккр} = \frac{GmM}{r_g} = mc^2,$$

равную полной энергии тела в системе отсчета, связанной с его центром масс.

#### Список литературы

1. Марков М.А. Глобальные свойства вещества в коллапсированном состоянии («черные дыры») // УФН. 1973. Т. 3, вып. 1. С. 26.
2. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике. М.: Наука, 1974.
3. Петров Е.К. О границах применимости классической модели пространства-времени. Вестн. ТвГУ. Сер. Физика. 2004. № 4(6). С. 137.