УДК 530.12

ЧЕРНАЯ ДЫРА

Косогов Е.Е.
Научный руководитель – доцент Золотов О.А.

Сибирский федеральный университет

Черная дыра – область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть ее не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света.

В свое время еще Мичелл и Лаплас. предположили, что в природе могут существовать тела, для которых скорость, необходимая для преодоления гравитационного притяжения, превышает скорость света. Поэтому такие тела будут темными, невидимыми для наблюдателя, хотя и могут проявлять себя гравитационным воздействием на другие объекты. С помощью закона сохранения энергии можно легко получить выражения для «гравитационного радиуса» - расстояния, на котором скорость тела, падающего из бесконечности с нулевой начальной скоростью, становится равной скорости света:

$$R_g = \frac{2 * G * M}{c^2},$$

где M – масса тела, G - гравитационная постоянная, c – скорость света и R_g - гравитационный радиус.

Недостатки идеи Мичелла: при скоростях, близких к скорости света, формула для кинетической энергии будет отличаться от классического случая. Формула для потенциальной энергии в сильных гравитационных полях тоже меняет свой вид. Да и отношение к свету как к потоку маленьких пушечных ядер неправомерно – в частности, скорость света, как известно, константа и не может, следовательно, стремиться к нулю.

Решение Шварцшильда.

Согласно теореме Биркхофа, гравитационное поле любого сферически симметричного распределения материи вне ее дается решением Шварцшильда. Черная дыра имеет горизонт событий и сингулярность, которая отделена горизонтом событий от остальной Вселенной.Решение Шварцшильда – это сферически симметричное решение уравнений Эйнштейна в вакууме, и:

$$R_s = \frac{2 * G * M}{c^2}.$$

Средняя плотность материи черной дыры:

$$\rho = \frac{3 * c^6}{32 * \pi * M^2 * G^3}.$$

Решение Райсснера – Нордстрема.

Статичное решение уравнений Эйнштейна для сферически симметричной черной дыры с зарядом, но без вращения:

$$R_Q^2 = \frac{Q^2 * G}{4 * \pi * \varepsilon_0 * c^4}.$$

Интересен тот факт, что существует максимальный заряд черной дыры:

$$Q_{max} = \frac{10^{40} * e * M}{M_{\odot}},$$

где $M_{\odot}$ - масса Солнца.

Решение Керра.

Это решение для вращающейся незаряженной черной дыры. Чёрная дыра Керра обладает рядом замечательных свойств. Вокруг горизонта событий существует область, называемая эргосферой, внутри которой телам невозможно покоиться относительно удалённых наблюдателей. Они могут только вращаться вокруг чёрной дыры по направлению её вращения..Параметры чёрной дыры не могут быть произвольными. При J_{max} $=M^2$ метрика называется предельным решением Керра. Это частный случай ограничения Керра – Ньюмена для черной дыры с нулевым зарядом.

6.Решение Керра – Ньюмена. Общее решение, соответствующее конечному состоянию равновесия черной дыры:

$R_+ = M + \sqrt{M^2 - Q^2 - a^2}$, где $a = \frac{J}{M}$

Ограничение: $a^2 + Q^2 \ll M^2$

Вокруг горизонта событий вращающейся черной дыры также существует эргосфера.

Излучение Хокинга.

Гравитационное поле поляризует вакуум, в результате чего возможно образование не только виртуальных, но и реальных пар частица-античастица. Одна из частиц, оказавшаяся чуть ниже горизонта событий, падает внутрь чёрной дыры, а другая, оказавшаяся чуть выше горизонта, улетает, унося энергию (то есть часть массы) чёрной дыры.

Мощность излучения черной дыры:

$$L = \frac{\hbar * c^6}{15360 * \pi * G^2 * M^2}$$

Спектр хокинговского излучения оказался строго совпадающим с излучением абсолютно черного тела, что позволило приписать чёрной дыре температуру

$$T_H = \frac{\hbar * c^3}{8 * \pi * k * G * M}$$

Энтропия черной дыры:

$$S = \frac{A * k * c^3}{4 * \hbar * G}$$

A - площадь горизонта событий.

За счёт испарения все чёрные дыры теряют массу и время их жизни оказывается конечным:

$$\tau = \frac{5120 * \pi * G^2 * M^3}{\hbar * c^4}$$