

*Островская А.А., студентка, 4 курс,
институт архитектуры, строительства и транспорта,
Тамбовский Государственный Технический Университет.*

*Цыкина А.С., студентка, 4 курс,
институт архитектуры, строительства и транспорта,
Тамбовский Государственный Технический Университет.*

*Михайлов Р.В., студент, 2 курс,
Технологический институт,
Тамбовский Государственный Технический Университет.*

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

***Аннотация:** В статье рассматривается образование черных дыр. Приводится расчет критического радиуса, при котором планеты под действием собственного притяжения становятся черными дырами. Описываются основные свойства черных дыр.*

***Ключевые слова:** черные дыры, теория относительности, радиус Шварцшильда, космическая скорость, теория гравитации-Эйнштейна.*

***Annotation:** The article deals with the formation of black holes. The calculation of the critical radius at which the planets under their own gravity become black holes is given. The main properties of black holes are described.*

***Key words:** black holes, relativity, Schwarzschild radius, cosmic velocity, Einstein's theory of gravity.*

Чёрные дыры скрываются повсюду во вселенной: в звёздной пыли, в газовых облаках, испускаемых огромными газовыми гигантами, пример такой планеты является Юпитер, и практически во всех крупных центрах галактик.

Чем больше галактика, тем больше её чёрная дыра. Это говорит о том, что развитие чёрных дыр происходило параллельно с развитием галактик, а также

они воздействуют друг на друга. Также учёные строят разнообразные теории происхождения чёрных дыр. Попробуем описать свойства чёрных дыр, которые подталкивают учёных на создание невероятных теорий, помогающих лучше понять структура вселенной и космоса, в частности.

Для начала поговорим о скорости света. Скорость света – это скорость, с которой распространяются электромагнитные волны в вакууме. Это постоянная величина, обозначаемая в физике буквой «С» («цэ») и равняется $299\,792\,458 \pm 1,2$ м/с, но чаще всего скорость света приравнивают к $300\,000\,000$ м/с, чтобы упростить решение задач. Так вот, скорость света одинакова абсолютно в любой системе отсчёта и при этом является максимально возможной – ничто не способно двигаться быстрее скорости света. Эти данные являются основой общей и специальной теорий относительности. Отсюда следует несколько интересных опытов, описанных в специальной теории относительности.

Рассмотрим вагон, который движется вправо со скоростью \vec{v} (Рис. 1). Его двери открываются автоматически по световому сигналу в точке S, находящемуся в центре вагона. Одновременно ли свет достигнет точек А и В, расположенных соответственно на задней и передней стенке вагона? Для наблюдателя, который сидит внутри, свет достигнет точек А и В одновременно, так как свет проходит одно и то же расстояние с одной и той же скоростью.

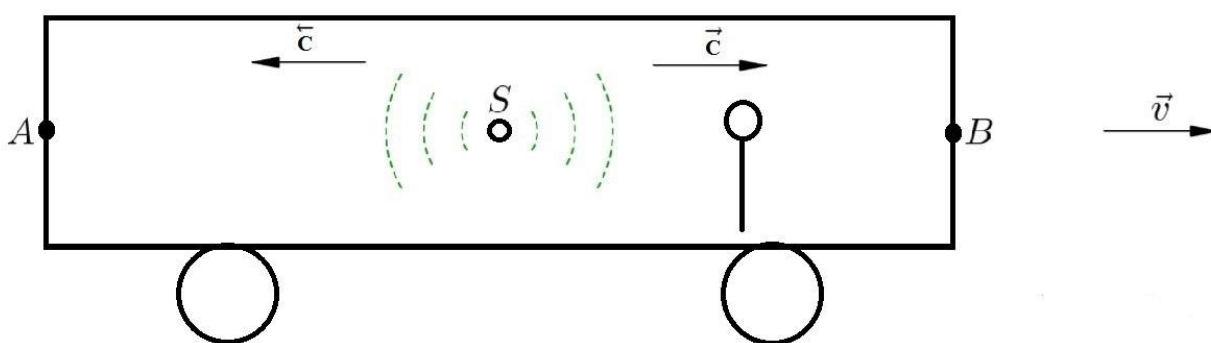


Рисунок 1 – Траектория движения вагона

Но что увидит наблюдатель, стоящий на платформе, к которому будет двигаться поезд? Как мы сказали, скорость света не будет зависеть от скорости поезда. Наблюдателю будет казаться, что точка А будет двигаться навстречу

сигналу, а точка В, наоборот, удаляться от него (Рис. 2). То есть расстояние SA свет пройдёт со скоростью $\vec{c} + \vec{v}_1$, а расстояние SB со скоростью $\vec{c} - \vec{v}_1$.

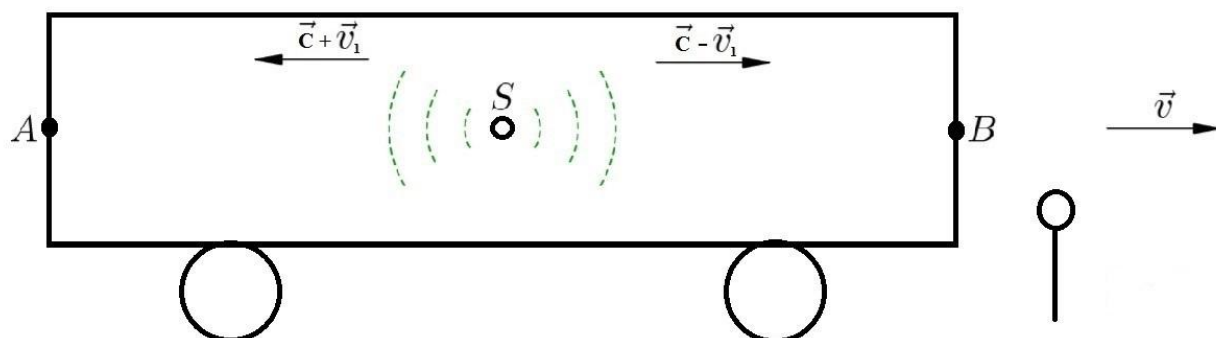


Рисунок 2 – Траектория движения вагона относительно наблюдателя

Получается, что свет достигнет точки А раньше. А значит события одновременные для наблюдателя, находящегося в одной системе отсчета, могут быть неодновременными для наблюдателя — в другой. В разных системах отсчета время течет по-разному. Более того, чем с большей скоростью двигался бы поезд, тем заметнее была бы разница во времени. Аналогичные изменения будут также заметны для длины тела, которая уменьшается при приближении его скорости к скорости света, и для его массы, увеличивающейся с увеличением скорости. Так, при скорости 260 000 км/с (87% от скорости света) масса тела с точки зрения наблюдателя, находящегося в покоящейся системе отсчета, удвоится, а его длина, соответственно, уменьшится вдвое.

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

Где t_0 — время в покоящейся системе отсчёта, l_0 — длина тела в состоянии покоя, m_0 — масса тела в состоянии покоя, c — скорость света.

До этого момента, в специальной теории относительности, мы рассматривали системы отсчета, которые двигались относительно друг друга с постоянными скоростями. Общая теория относительности применяется уже ко всем системам отсчета, включая в себя как частный случай специальную теорию относительности, и выглядит математически гораздо сложнее. Вдобавок, она дает новую интерпретацию гравитации.

Согласно закону всемирного тяготения Ньютона, между любыми двумя телами существует сила взаимного притяжения. А значит, Земля вращается вокруг Солнца именно за счёт этой силы. Общая теория относительности рисует другую картину происходящего. Здесь, гравитация — это следствие деформации пространства-времени под воздействием массы. Именно вследствие этого искривления Земля вращается вокруг Солнца. А то, что нам кажется силой тяжести, на самом деле является, по сути, чисто внешним проявлением искривления пространства-времени, а вовсе не силой притяжения.

Наименьшая скорость, которую необходимо придать объекту для преодоления гравитационного притяжения небесного тела и покидания замкнутой орбиты вокруг него, называется второй космической скоростью.

$$V_{\text{косм.2}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Где G - гравитационная постоянная, M - масса небесного тела, R - радиус небесного тела.

Но что, если вторая космическая скорость достигнет скорости света? Тогда даже свет не сможет преодолеть гравитационное притяжение этого тела, и оно будет выглядеть для нас абсолютно черным.

Радиус, на котором вторая космическая скорость равняется скорости света, называется радиусом Шварцшильда.

$$R_s = \frac{2GM}{C^2}$$

Под расчётом радиуса Шварцшильда для планет нашей системы, будет подразумеваться расчёт критического радиуса, при котором эти самые планеты под действием своего собственного притяжения станут чёрными дырами. Радиус Шварцшильда будет представлен в следующих единицах измерения: в метрах, километрах и, для соизмеримых с Солнцем планет, – в световых годах. Помимо планет, я рассчитаю радиус Шварцшильда для Солнца, с которого и начну:

$$R_{s \text{ Солнца}} = \frac{2GM_{\text{Солнца}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 19885 \cdot 10^{26}}{299792458} = 885373046 \text{ (м)} \approx \\ \approx 885373 \text{ (км)} \approx 9,358 \cdot 10^{-8} \text{ (св. лет)}$$

Далее, я пойду по порядку: от ближайшей планеты к Солнцу до самой удалённой от звезды планеты.

$$R_{s \text{ Меркурия}} = \frac{2GM_{\text{Меркурия}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 330104 \cdot 10^{18}}{299792458} = 146977,714 \text{ (м)} \approx \\ 147 \text{ (км)}$$

$$R_{s \text{ Венеры}} = \frac{2GM_{\text{Венеры}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 486732 \cdot 10^{19}}{299792458} = 2167158,125 \text{ (м)} \approx \\ 2167 \text{ (км)}$$

$$R_{s \text{ Земли}} = \frac{2GM_{\text{Земли}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 597219 \cdot 10^{19}}{299792458} = 2659097,837 \text{ (м)} \approx \\ 2659 \text{ (км)}$$

$$R_s \text{ Марса} = \frac{2GM_{\text{Марса}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 641693 \cdot 10^{18}}{299792458} = 285711,685 \text{ (м)} \approx 286 \text{ (км)}$$

$$R_s \text{ Юпитера} = \frac{2GM_{\text{Юпитера}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 189813 \cdot 10^{22}}{299792458} = 845136102,15 \text{ (м)} \approx 845136 \text{ (км)} \approx 8,933 \cdot 10^{-8} \text{ (св. лет)}$$

$$R_s \text{ Сатурна} = \frac{2GM_{\text{Сатурна}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 568319 \cdot 10^{21}}{299792458} = 253042154,35 \text{ (м)} \approx 253042 \text{ (км)} \approx 2,675 \cdot 10^{-8} \text{ (св. лет)}$$

$$R_s \text{ Нептуна} = \frac{2GM_{\text{Нептуна}}}{C^2} = \frac{2 \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 10241 \cdot 10^{22}}{299792458} = 45597713,656 \text{ (м)} \approx 45598 \text{ (км)}$$

В рамках наиболее популярной сейчас теории гравитации - Эйнштейна - свойства черных дыр изучены весьма подробно. Вот некоторые важнейшие из них:

1) Вблизи чёрной дыры время течет медленнее, чем вдали от нее. Если удаленный наблюдатель бросит в сторону черной дыры горящий фонарь, то увидит, как фонарь будет падать все быстрее и быстрее, но затем, приближаясь к горизонту событий, начнёт замедляться, а его свет будет тускнеть и краснеть, так как замедлится скорость колебания всех его атомов и молекул. С точки зрения далёкого наблюдателя фонарь практически остановится и станет невидим, так и не сумев пересечь поверхность чёрной дыры.

2) Каким бы сложным ни было исходное тело, после его сжатия в чёрную дыру внешний наблюдатель может определить только три его параметра: полную массу, момент импульса (связанный с вращением) и электрический заряд. Все

остальные особенности тела (форма, химический состав и т.д.) в ходе коллапса «стираются».

3) Если исходное тело вращалось, то вокруг черной дыры сохраняется «вихревое» гравитационное поле, увлекающее все соседние тела во вращательное движение вокруг нее. Поле тяготения вращающейся черной дыры называют полем Керра (математик Рой Керр в 1963 нашел решение соответствующих уравнений).

4) Все вещество внутри горизонта событий черной дыры непременно падает к ее центру и образует сингулярность с бесконечно большой плотностью. Английский физик Стивен Хокинг определяет сингулярность как «место, где разрушается классическая концепция пространства и времени так же, как и все известные законы физики, поскольку все они формулируются на основе классического пространства-времени».

Чёрные дыры - удивительные объекты нашей вселенной. Предполагается, что во всей вселенной существуют миллионы черных дыр, причем почти в центре каждой галактики есть своя черная дыра, из которой в некоторых случаях выходят джеты, снабжающие прилегающие области тяжелыми элементами, необходимыми для формирования солнечных систем и планет.

Использованные источники:

1. Новиков И.Д., Фролов В.П. Черные дыры во Вселенной. – 18-38 с.
2. Малдасена Х. Черные дыры и структура пространства-времени. Элементы. – 116-118 с.