

# ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378  
ГРНТИ 14.35.05

## ФИЗИКА БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

### Аңдатпа

Мақала олардың ғаламның пайда болуының бір құпиясына арналған. XX ғасырдың ортасында қалыптасқан Космология ғаламды Эйнштейннің жалпы салыстырмалылық теориясымен сипатталған объект ретінде қарастырады. Бұл нысанның екі негізгі параметрі бар: кеңею жылдамдығы және кеңістіктің геометриялық қасиеттері. Ғаламның кеңею жылдамдығы ондағы материяның тығыздығына байланысты: егер материя тым аз болса, ғалам шексіз кеңейеді, бірақ егер тығыздық үлкен болса, онда кеңею сөзсіз қысылумен ауыстырылады.

### Аннотация

Статья посвящена одной из загадок рождения Вселенной. Космология, сложившаяся к середине XX века, рассматривает Вселенную как объект, описываемый эйнштейновской Общей теорией относительности. У этого объекта есть два принципиальных параметра: скорость расширения и геометрические свойства пространства. Скорость расширения Вселенной зависит от плотности материи в ней: если материи слишком мало, Вселенная будет расширяться бесконечно, однако если плотность велика, то расширение неизбежно сменится сжатием.

### Abstract

The article is about one of the mysteries of the birth of the Universe. Cosmology, developed by the middle of the twentieth century, considers the Universe as an object described by Einstein's General Relativity. This object has two principal parameters: the rate of expansion and the geometric properties of space. The rate of expansion of the Universe depends on the density of matter in it: if there is little matter, the Universe will expand to infinity, but if there is much density, then expansion will inevitably be replaced by compression.



**Джаманбалин К.К.,**  
доктор физико-  
математических наук,  
профессор КСТУ  
им. академика З.Алдамжар,  
г. Костанай

*Негізгі сөздер: физика, ғаламның тууы, кеңею, жалпы салыстырмалылық.*

*Ключевые слова: физика, рождение Вселенной, расширение, Общая теория относительности.*

*Keywords: physics, birth of Universe, expansion, General relativity.*

В прошлом веке в космологии утвердилась модель Большого взрыва, согласно которой наша Вселенная развивается из первоначального очень плотного состояния. Эта модель стала продолжением представлений о расширяющейся Вселенной, математическую теорию которой в 1922 году вывел советский математик Александр Фридман из общей теории относительности Альберта Эйнштейна.

Современная космология берет начало в первые десятилетия XX века. В 1915-1917 гг. американский астроном Весто Слайфер обнаружил, что галактики (которые тогда называли туманностями) не стоят на месте, а движутся в пространстве, причем большинство из них удаляются от нас. Этот вывод следовал из наблюдений спектров галактик: их движение проявляло себя в сдвиге спектральных линий к красному концу спектра.

Такого рода красное смещение, которое можно интерпретировать как давно известный в физике эффект Доплера, имеет, как впоследствии оказалось, всеобщий характер: оно наблюдается у всех галактик во Вселенной.

На рисунке 1 условно изображен оптический эффект Доплера. Это изменение длины волны света, испускаемого источником, который движется по отноше-

нию к наблюдателю. Для удаляющегося источника длина волны увеличивается, т. е. свет «краснеет».

В астрономии относительное увеличение длины волны излучения  $z = \Delta\lambda/\lambda$  (как и само явление) называют красным смещением. Обнаруживают его по сдвигу спектральных линий (на рисунке справа). При малых красных смещениях ( $z \ll 1$ ) справедлива приближенная формула  $V = cz$ . Здесь  $V$  – скорость источника,  $c$  – скорость света, равная 300 000 км/с.

В 1929 г. другой американский исследователь, Эдвин Хаббл, которого нередко называют величайшим астрономом XX в., определил, что движение разбегающихся галактик следует простому закону: скорость  $V$  удаления от нас галактики пропорциональна расстоянию  $R$  до нее:  $V = H R$ . Это соотношение между скоростью и расстоянием называют сейчас законом Хаббла, а коэффициент пропорциональности  $H$  – постоянной Хаббла. Величина  $H$  постоянна в том смысле, что она одинакова для всех галактик и не зависит ни от расстояния до галактики, ни от направления на нее на небе.

Открытия Слайфера и Хаббла, а также дальнейшие исследования заложили наблюдательную основу, на которой строится и развивается вся современная космология. Мы знаем теперь, что живем в огромном мире, который к тому же



Рис. 1. Оптический эффект Доплера

расширяется со временем. Расширение началось около 14 млрд. лет назад; этот гигантский промежуток времени и считается возрастом мира. А событие, которое породило космологическое расширение, называют Большим Взрывом.

В 1915-1916 годах Альберт Эйнштейн разработал ОТО – основополагающую физическую теорию, описывающую устройство и эволюцию нашего мира. По сути, эта теория гравитации, устанавливающая ее связь со свойствами пространства-времени. В соответствии с ОТО массивные тела производят вокруг себя изменения пространства-времени, которые принято называть ее искривлениями. Гравитация в этом случае есть проявление искривления пространства-времени. ОТО предсказывает, что при движении тел с переменным ускорением возникают распространяющиеся изменения пространства-времени, которые получили название гравитационных волн. Такие волны будут проявлять себя как колебания гравитационного поля.

Вся материя Вселенной имеет положительную энергию: тела, частицы и силовые поля, включая электромагнитное. Единственное исключение – гравитационное поле, которое, согласно теории Ньютона, обладает отрицательной энергией.

Столь странный на первый взгляд результат можно объяснить с помощью закона сохранения энергии. Падающий на Землю камень увеличивает свою положительную кинетическую энергию, тогда его потенциальная энергия должна убывать. А поскольку очевидно, что на бесконечности потенциальная энергия гравитационного взаимодействия должна быть равна нулю, то при приближении к Земле она должна стать отрицательной.

Странности гравитационной энергии на этом не закончились. В 1915 году Эйнштейн записал уравнения общей те-

рии относительности, рассматривающей гравитационное поле как искривлённое пространство-время, описываемое метрическим тензором. Причиной или источником искривления пространства-времени в теории относительности Эйнштейна стал тензор энергии-импульса вещества и электромагнитного поля. Но входит ли энергия самого гравитационного поля в число источников или генераторов гравитационного поля?

Изначально Эйнштейн считал, что входит. Неожиданно оказалось, что получить тензор энергии-импульса гравитационного поля, который должен быть инвариантен, то есть не зависеть от выбора системы отсчёта и систем координат, невозможно! Математический объект, который Эйнштейн предложил для описания энергии гравитационного поля, не обладал инвариантностью тензора: например, Эрвин Шрёдингер, будущий создатель квантовой механики, показал, что такой объект можно превратить в ноль выбором системы координат.

Гравитация считается синонимом притяжения. Но в последние годы обнаружен удивительный теоретический феномен: по Ньютону, столкновение и слияние двух чёрных дыр разной массы должно приводить к образованию итоговой дыры, покоящейся в центре масс. Расчёты по теории Эйнштейна дали другой результат: финальная дыра получает толчок в сторону меньшей из дыр и улетает из центра масс. Что вызвало эту задачу?

Градиент потенциала, возникшего после слияния дыр, направлен так, что вместо притяжения возникло отталкивание, или антигравитация.

Расчёты показывают, что около 1% суммарной массы чёрных дыр при коллапсе Вселенной может превратиться в гравитационные волны, то есть гравитационная масса мира уменьшится на эту величину. Если этот процесс будет доста-

точно быстрым, то Вселенная испытает сильную антигравитацию и Большое сжатие превратится в Большой взрыв.

Можно предположить, что антигравитация, вызванная уменьшением гравитационной массы, отвечает и за современное ускоренное расширение Вселенной. Чёрные дыры являются главной гравитирующей компонентой Вселенной, а гравитационные волны – её основным энергетическим ресурсом. Эти волны не имеют локальной гравитационной массы, но вносят свой вклад в глобальную гравитацию при поглощении чёрными дырами. Вселенная представляет собой своеобразный маятник в виде системы «чёрные дыры – гравитационные волны». При коллапсе Вселенной гравитационная масса чёрных дыр быстро уменьшается при слиянии дыр и сбрасывании энергии в резервуар гравитационных волн. Это вызывает Большой взрыв [1].

Изначально черная дыра – чисто теоретическая концепция, существовавшая исключительно в рамках общей теории относительности. Это область пространства-времени, которую ни материя ни свет не могут покинуть из-за слишком сильного гравитационного притяжения. То, что подобные объекты возможны, стало ясно сразу же после того, как в 1915 году были сформулированы уравнения Эйнштейна. Проблема, о которой идет речь, была осознана вскоре после появления первых космологических моделей на основе общей теории относительности. В некоторых из этих моделей появлялись так называемые сингулярности, то есть, ситуации, когда коэффициенты в метрике пространства-времени теряли непрерывность и делались бесконечными.

В классической теории гравитации, использующей действительное пространство-время, возможны лишь два типа поведения Вселенной:

- либо она существовала в течение бесконечного времени,

- либо ее началом была сингулярная точка в какой-то конечный момент времени в прошлом.

В квантовой же теории гравитации возникает и третья возможность.

При объединении квантовой механики с общей теорией относительности возникает, по-видимому, новая, доселе неизвестная возможность: пространство и время могут вместе образовать конечное четырехмерное пространство, не имеющее сингулярностей и границ и напоминающее поверхность Земли, но с большим числом измерений [2].

К 1984 году группа теоретиков, включая Пиблза, решила вернуться к идее, которую когда-то предлагал Эйнштейн: ввести в уравнения Общей теории относительности дополнительный параметр. Этот параметр описывает свойство пустого пространства – давление, как бы расталкивающее его изнутри. Параметр получил название «темной энергии». Темная энергия – это свойство вакуума, побуждающее его к расширению. А поскольку в теории Эйнштейна энергия всегда эквивалентна массе, темная энергия прибавляет к плотности те самые недостающие 69%, так что суммарная плотность «всего на свете» становится в точности равна критической. Таким образом, три компонента – обычная видимая материя, «темная материя» и «темная энергия» – вместе создают такую плотность, чтобы пространство, в котором мы живем, оставалось «плоским» и евклидовым, подчиняющимся законам школьной геометрии.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Горькавый Н. Цикличность большого взрыва. – «Наука и жизнь». 2023, №1, с. 2-11.

2. Хокинг С. Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр./ Пер. с англ. Н. Смородиной. – СПб.: Амфора, 2001. – 268 с.