

ВСЕСВІТ ФРІДМАНА

Софія Челнокова – студентка 2 курсу СВО магістра НПУ ім. М.П. Драгоманова

Дослідження різних підходів до розв'язків рівнянь ЗТВ допомагає зрозуміти сучасні моделі Всесвіту. Хоча О.О. Фрідман і не був першим у спробах розв'язати рівняння ЗТВ саме його розв'язки дали основу для найпоширеніших сучасних моделей Всесвіту.

Ключові слова: ЗТВ, рівняння ЗТВ, Фрідман, Всесвіт Фрідмана.

У 2015 році виповнилося 100 років загальної теорії відносності (надалі ЗТВ). Олександр Олександрович Фрідман у 1922 році отримав з 10-ти досить складних рівнянь ЗТВ два рівняння, що описують народження, життя і смерть спостережуваного Всесвіту. Вони стали фундаментом науки, що бурхливо розвивається – космології. У математиці часто виявляється, що одні й ті ж рівняння описують абсолютно різні завдання. У фізиці також часто використовуються моделі різних явищ. Айнштайн не раз підтверджував, що початок теорії розширення Всесвіту поклав О. О. Фрідман. У творчості О. О. Фрідмана роботи з теорії відносності могли б на перший погляд здатися досить раптовими. Раніше він працював в області теоретичної гідромеханіки і динамічної метеорології. Засвоєння Фрідманом ЗТВ було досить інтенсивним і надзвичайно плідним. Спільно з Фредеріксом він взявся за капітальну працю «Основи теорії відносності», в якій передбачалося викласти «досить строго з логічної точки зору» основи тензорного обчислення, багатовимірної геометрії, електродинаміки, спеціального і загального принципу відносності [2]. Книга Фредерікса і Фрідмана «Основи теорії відносності» – це ґрунтовний, докладний виклад теорії відносності, заснований на досить солідному математичному фундаменті геометрії, загальної лінійної зв'язності на різноманітні довольної розмірності та теорії груп. Вихідною для авторів виявляється геометрія простору-часу [3].

Всесвіт Фрідмана (метрика Фрідмана - Леметра - Робертсона - Уокера) – одна з космологічних моделей, які відповідають польовим рівнянням ЗТВ, перша з нестационарних моделей Всесвіту. Модель Фрідмана описує однорідний ізотропний в загальному випадку нестационарний Всесвіт з речовиною, що володіє позитивною, нульовою або негативною постійною кривизною. Ця робота вченого стала першим основним теоретичним розвитком ЗТВ після робіт Ейнштейна 1915-1917 рр.

Рівняння ЗТВ, що описують еволюцію Всесвіту, занадто складні, щоб вирішити їх в деталях. А тому Фрідман запропонував замість цього прийняти два простих припущення [3]:

- Всесвіт виглядає абсолютно однаково в усіх напрямках;
- перша умова справедливо для всіх її точок.

На основі ЗТВ і цих двох простих припущень Фрідману вдалося показати, що ми не повинні очікувати від Всесвіту стаціонарності. Насправді він у 1922 р. точно передбачив те, що Едвін Хаббл відкрив кілька років по тому [2].

Хоча Фрідман запропонував тільки одну модель, на основі двох його фундаментальних припущень можна побудувати три різні моделі [1]. У першій з них (саме її і сформулював Фрідман) розширення відбувається настільки повільно, що гравітаційне тяжіння між галактиками поступово ще більше уповільнює його, а потім і зупиняє. Галактики тоді починають рухатися одна до одної, і Всесвіт стискається (рис.1).

Відстань між двома сусідніми галактиками спочатку зростає від нуля до деякого максимуму, а потім знову зменшується до нуля.

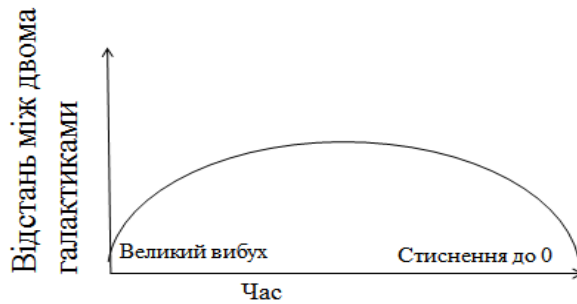


Рис.1 Перша модель Всесвіту Фрідмана

У другому рішенні швидкість розширення настільки велика, що тяжіння ніколи не зможе його зупинити, хоча і трохи сповільнює (рис.2). Поділ сусідніх галактик в цій моделі починається з нульової відстані, а потім вони розбігаються з постійною швидкістю.

Нарешті, існує третій розв'язок, в якому швидкість розширення Всесвіту достатня

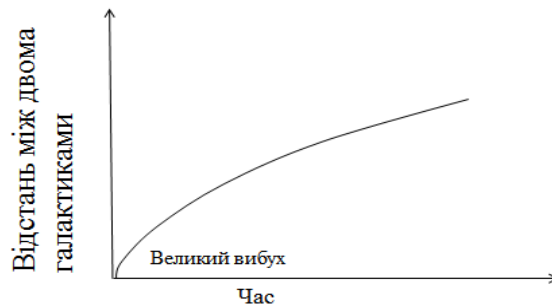


Рис.2 Друга модель

лише для того, щоб запобігти зворотному стисненню або колапсу. У цьому випадку поділ також починається з нуля і зростає нескінченно. Однак швидкість розльоту постійно зменшується, хоча і ніколи не досягає нуля (рис.3).

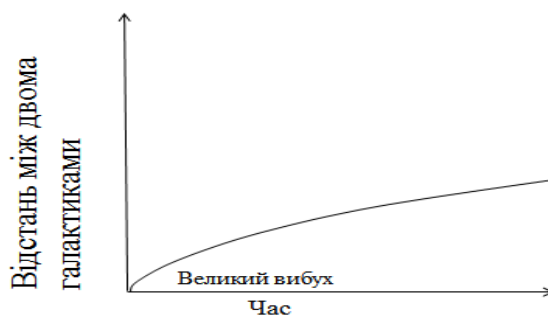


Рис.3 Третя модель

Чудовою особливістю першого типу моделі Фрідмана є те, що Всесвіт не нескінченний в просторі, але простір не має меж. Гравітація в цьому випадку настільки сильна, що простір викривляється, замикаючись сам на собі на зразок поверхні Землі. Мандрівник по земній поверхні в одному напрямку ніколи не зустрічає непереборної перешкоди і не ризикує впасти з «краю Землі», а попросту повертається у вихідну точку. Такий простір в першій моделі Фрідмана, але замість властивих земній поверхні двох вимірів він має три. Четвертий вимір – час – володіє кінцевою довжиною, але його можна уподібнити лінії з двома краями або межами: початком і кінцем [3].

Думка про те, що Всесвіт можна обійти та повернутися в початкову точку, підійде тільки для наукової фантастики, але вона не має практичного значення, оскільки Всесвіт встигне стиснутися до нуля ще до кінця мандрівки. Щоб повернутися в початкову точку до настання кінця Всесвіту потрібно було б рухатися зі швидкістю більшою за швидкість світла, а це неможливо.

Головним результатом роботи Фрідмана в області ЗТВ стала космологічна нестационарна модель, що носить тепер його ім'я. За свідченням В. А. Фока, у Фрідмана переважав математичний підхід до теорії відносності: «Фрідман не раз говорив, що його справа – вказати можливі розв'язки рівнянь Ейнштейна, а там хай фізики роблять з цими розв'язками що вони хочуть» [4].

Як повинен вести себе Всесвіт, підпорядкований законам Фрідмана? Так само як кинуте в радіальному напрямку тіло з потенційною енергією, підпорядковане законам Ньютона і анти-Гука. Кинуте тіло впаде назад, а Всесвіт, який почав в момент "Великого Вибуху" розширюватися з нескінченною швидкістю, буде поступово сповільнюватися, замре на мить і покотиться назад, нарощуючи швидкість, назад до нульового радіусу – сингулярності [3]. Чи пройде Всесвіт через сингулярність і почне розширюватися знову, повторюючи цикл за циклом? Фрідман допускав таку можливість, згадуючи індуську міфологію про періоди життя. Він навіть вирахував "період світу", взявши інтеграл, приймаючи середню щільність речовини рівній наведеної в книзі англійського астронома Еддінгтона і вважаючи космологічну сталу нульовою. Отримав 10 000 000 000 років. Цей сценарій Фрідман назвав "періодичним світом" [3].

Список використаних джерел:

1. Gamov G. The Creation of the Universe. Viking Press, 1952. – 147 p.
2. Беленький А. Александр Фридман и истоки современной космологии. *Наука из первых рук*: электронный журн. 2012, № 5(47). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://scfh.ru/papers/vodyi-v-kotoryie-ya-vstupayu-ne-peresekalesche-nikto-aleksandr-fridman-i-istoki-sovremennoy-kosmologii/>
3. Фридман А. Мир как пространство и время. М.: Либроком, 2009. 114 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://publ.lib.ru/ARCHIVES/F/>
4. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. Москва, 2002. 240 с.

THE FRIEDMANN METRIC

Sofiia Chelnokova – 2nd year student of master's program NPDU

The study of various approaches to solving equations of the general theory of relativity (GTR) helps to understand modern models of the Universe. Although A. Fridman was not the first in attempts to solve the equations of the general theory of relativity, it was his solutions that provided the basis for the most common modern models of the Universe.

Key words: general theory of relativity (GTR), equations of general theory of relativity (GTR), Friedman, The Friedmann metric.

СТАТИЧНА МОДЕЛЬ ВСЕСВІТУ

Оксана Морозова – студентка 2-го курсу СВО магістра НПУ ім. М.П. Драгоманова

Розглянуто головні поняття теорії відносності та основне рівняння, за допомогою якого Ейнштейн пояснював незмінність Всесвіту у часі.

Ключові слова: космологія, загальна теорія відносності, Ейнштейн, простір-час, теорія гравітації, космологічна стала.