

УДК 001+378
С56

*Затверджено до друку радою
Хмельницької обласної організації СНІО України
та президією Українського національного комітету ІFToMM,
протокол № 3 від 01.09.2023*

Подані доповіді XVIII Міжнародної наукової конференції «Сучасні досягнення в науці та освіті», проведеної у м. Нетанія (Ізраїль) 13–20 вересня 2023 р.

Представлені матеріали доповідей наукових напрямів: проблем освіти та її інформатизації; механіки і матеріалознавства; дизайну, архітектури та будівництва.

Матеріали конференції опубліковані в авторській редакції.

Редакційна колегія:

д.т.н., проф. **Горошко А. В.** (Україна);
акад. НАПНУ, д.т.н., проф. **Гуржій А. М.** (Україна);
д.т.н., доц. **Харжевський В. О.** (Україна); д-р **Прейгерман Л. М.** (Ізраїль);
д.е.н., проф. **Костин Ю. Д.** (Україна); д.т.н., проф. **Бубулис А.** (Литва);
д.п.н., проф. **Карташова Л. А.** (Україна); к.п.н. **Зембицька М. В.** (Україна);
д-р **Петрашек Я.** (Польща)

С56 Сучасні досягнення в науці та освіті : зб. пр. XVIII Міжнар. наук. конф., 13–20 верес. 2023 р., м. Нетанія (Ізраїль). – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 215 с. (укр., англ.).
ISBN 978-966-330-426-7

Розглянуті актуальні проблеми освіти та інформаційних технологій, матеріалознавства, механіки, дизайну, архітектури і будівництва.

Для науковців, інженерів, працівників та аспірантів ЗВО.

УДК 001+378

ISBN 978-966-330-426-7

© Автори статей, 2023

© ХНУ, оригінал-макет, 2023

Пленарне засідання

ПАРАДОКСИ ЗІРКОВО-ГАЛАКТИЧНОГО СВІТУ

Прейгерман Л. М.

*Ізраїльська незалежна академія розвитку науки
E-mail: preiglev@gmail.com. Тел. +97254 590 4005*

Ще на початок минулого століття наші знання про Всесвіт були дуже мізерними. Вважалося, що весь нескінченний у просторі та часі стаціонарний Всесвіт складається із зірок і планетних систем, що підкоряються універсальним вічним і незмінним законам Природи. Але вже на початок 20-х років під впливом загальної теорії відносності А. Ейнштейна і робіт А. Фрідмана, відкриттів Хаббла і Гамова виникла нова наука про походження та розвиток Всесвіту, космологія, і послідував шквал революційних робіт, які перевернули наші знання про Всесвіт на 1800 р. Були відкриті галактики, їх скупчення та надскоплення, які містять десятки та сотні мільярдів зірок, але виглядають, як невеликі острови у неосяжних просторах Всесвіту. Було відкрито червоне зміщення у спектрах елементів далеких галактик (зміщення спектра у бік довгих хвиль), яке збільшується зі збільшенням відстані до галактики та свідчить про розширення Всесвіту. Всесвіт виявився кінцевим у просторі та часі, але безмежним і всюдисущим. Було встановлено, що вона народилася близько 13,8 млрд років тому в результаті дискретного стрибка, що умовно називається Великим вибухом, з віртуального надцілісного сингулярного стану. Безпосереднім наслідком великого вибуху, його своєрідною луною, є низькотемпературне (2,7 К) однорідне та ізотропне мікрохвильове (реліктове) випромінювання. Воно було теоретично передбачено Гамовим у 1949 р. та виявлено у 1965 р. Нарешті, було встановлено, що, розширюючись і остигаючи, Всесвіт цілеспрямовано розвивається у напрямку порядку, створення та розвитку життя та людської цивілізації, але з часом, найімовірніше, пройде стадію дисфункції та зникне назавжди або, можливо, відродиться у новій якості.

З квантової теорії поля та стандартної моделі випливає, що видимий нами Всесвіт складений за різними правилами і в різних ком-

бінаціях з кількох мікроскопічних, зникаюче малих, але всюди присутніх однакових цеглинок: 2-х різновидів кварків і 2 лептонів (електрона та нейтрино). У стандартній космологічній моделі передбачається, що ці найпростіші істинно елементарні (фундаментальні) частинки разом зі своїми античастинками та переносниками їх взаємодій, квантами відповідних полів народилися внаслідок великого вибуху. Їхні порядки та комбінаторика взаємного розташування, прагнення до симетрії та відхилення від неї визначили всю різноманітність об'єктів нашого світу, що відбуваються в ньому процеси та закони його розвитку. Виявилось, нарешті, що Всесвіт, як і всі його частини, є нерозривною єдністю протилежних, але доповнюючих один одного сутностей, а саме: об'єктів і процесів, явищ і станів, матерії і свідомості, речовини і поля, простору і часу, реальності і віртуальності, руху та зв'язку, маси та енергії, дискретності і безперервності, світла та темряви, життя та смерті та ін.

Стандартна космологічна модель. Прийнята на сьогодні космологічна теорія розглядається зазвичай спільно зі стандартною моделлю квантової теорії, яка описує фундаментальні частинки речовини і випромінювання, будівельний матеріал Всесвіту, а також їх електромагнітні, слабкі, сильні та хіггсові взаємодії. Гравітаційні взаємодії та взаємодії частинок темної матерії та поля темної енергії мають свою специфіку. Їх поки що не вдається вкласти в стандартну модель [1–4].

Версію Великого вибуху, що стався одночасно всюди, у всьому Всесвіті, вперше висунув на початок 1920-х років радянський математик і космолог Олександр Фрідман після того, як він, проаналізувавши рішення загальної теорії відносності Ейнштейна, дійшов висновку, що Всесвіт розширюється. У 1931 році американський астроном Е. Хаббл підтвердив розширення Всесвіту безпосередніми спостереженнями, інтерпретувавши червоне зміщення у спектрах далеких галактик, як наслідок їхнього взаємного розбігання у відповідність до ефекту Доплера. У сорокових роках американський фізик Г. Гамов удосконалив теорію Фрідмана і розробив модель гарячого Всесвіту, передбачивши реліктове випромінювання, що виникло через 380 тис. років після великого вибуху, яке було виявлено в 1965 році американськими інженерами А. Пензіасом і Р. Вільсоном, ставши чином, найдостовірнішим підтвердженням Великого вибуху. Іншим його достовірним свідченням є хімічний склад Всесвіту. У повній відповідності до теоретичної моделі гарячого Всесвіту астрономічними спостереженнями встановлено, що зірково-галактичний Всесвіт на 77 % складається з водню, ядра якого сформувалися з кварк-глюонної плазми через кілька секунд після великого вибуху. Крім того, до її складу входить 22 % гелію. Його ядра є продуктом нуклеосинтезу ядер водню, а згодом – термоядерного синтезу водню у надрах зірок. Інші елементи, в кількості

1,0 %, також утворилися термоядерних реакціях зірок. Зрештою, якби не було великого вибуху, то за допомогою сучасних телескопів можна було б зазирнути в космос аж до горизонту Всесвіту, який визначається кінцевою швидкістю поширення світла, тобто. до відстані 45,7 млрд світлових років (сучасний розмір Всесвіту з урахуванням її розширення), але це не відбувається. За допомогою найдосконалішого телескопа Джеймс Велс останньої моделі була виявлена нещодавно одна з найдавніших галактик JADES-GSz13, що виникла 320 млн років після великого вибуху.

У 60-х роках минулого століття фізик і космолог Е. Хокінг усунув суперечність у теорії Фрідмана між повсюдним Великим вибухом і розширенням Всесвіту і ввів уявлення про великий вибух із точкової космологічної сингулярності.

Все ж таки, незважаючи на це, уявлення про Великий вибух і космологічну сингулярність залишилися внутрішньо суперечливими.

Справді, якщо Великий вибух – це початок розвитку Всесвіту, то він безперечно суперечить другому початку термодинаміки та закону розвитку. Адже будь-яке спонтанне розвиток, тобто. розвиток у відсутності втручання зовнішніх чинників, може відбуватися лише одному напрямі – від порядку до безладдя, зі збільшенням ентропії, а не навпаки. Але до Великого вибуху впорядкованого матеріального світу не було. Він, отже, виник з нічого, попри другий початок термодинаміки, з хаосу, що встановився миттєво після великого вибуху.

Утім, у цьому немає нічого дивного. Адже Великий вибух стався протягом мізерного часу, якому, згідно з квантовою теорією, відповідає невизначеність. Іншими словами, ми в принципі не можемо нічого певного сказати, чому і як стався великий вибух і що сталося відразу після нього. Крім того, точкова сингулярність – це математичне поняття. У реальному фізичному світі точкові об'єкти не існують. Тут кожному об'єкту властивий корпускулярно-хвильовий дуалізм. Як корпускула, об'єкт може бути як завгодно малим, але, як хвиля, він повинен бути як завгодно великим (див. рис. 1).

З урахуванням зазначеної внутрішньої суперечливості космологічна сингулярність за своєю природою характеризується взаємно протилежними якостями. До вибуху вона могла бути точковою, але могла бути протяжністю. Вона мала і максимально можливу негативну енергію зв'язку, і мінімально можливу позитивну енергію руху, тобто. загалом – нульовою енергією. Вона мала також мати практично нескінченної щільністю, тобто. характеризуватись високим порядком, нульовою ентропією та нульовою стійкістю [1–3, 7, 8, 10], але, незрозуміло, однак, чому великий вибух стався саме 13,8 млрд років тому, а не значно раніше в практично нескінченно віддаленому від нас часу.



Рис. 1

Нарешті, багато характеристик Всесвіту суперечать даними, що впливають з моделі гарячої Всесвіту і точкової сингулярності. До них відносяться:

- ізотропність та однорідність реліктового випромінювання;
- близька до нуля кривизна тривимірного простору;
- великомасштабна структура Всесвіту.

Справді, відразу після великого вибуху Всесвіт підкорявся законам локальної калібрувальної симетрії. У результаті, згідно з теоремою Неттер, з народженням Всесвіту мали виникнути заряди частинок, що зберігаються, і відповідні їм поля – сильної, слабкої, електромагнітної та гравітаційної взаємодій. Однак фундаментальні частинки, що виникли, через величезну енергію (температуру) руху, в яку перейшла енергія зв'язку при великому вибуху, рухалися зі швидкістю світла, були безмасивними і точковими і не могли ще взаємодіяти. Іншими словами, що виникли миттєво з великим вибухом поля за законами симетрії та принципом додатковості злилися в єдине поле та взаємно компенсували один одного.

У міру розширення Всесвіту та охолодження плазми взаємодії розділилися в часі та просторі, утворилася велика кількість не пов'язаних між собою областей, що мало призвести до неоднорідності та анізотропії плазми та пов'язаного з нею реліктового випромінювання, кривизні тривимірного простору. Однак це не сталося. У зв'язку з цим, наприкінці минулого століття американським фізиком А. Гутом та ра-

дьянським космологом А. Лінде було створено нову, гіпотетичну, інфляційну модель походження Всесвіту.

Інфляційна теорія виходить із того, що до великого вибуху Всесвіт був заповнений однорідним, всюди симетричним, тобто. вакуумоподібним скалярним полем. Це поле мало великий потенційної, тобто. негативною енергією зв'язку величезної щільності чи, як то кажуть, негативним тиском. При великому вибуху потенційна енергія зв'язку, прагнучи мінімуму, перейшла в енергію руху. Інфляційне розширення стало результатом порушення симетрії початкового скалярного поля, в якому різним областям відповідали різні величини квантованої енергії у вигляді сукупності частинок високої температури. Інакше кажучи, з'явилися найпростіші, тобто фундаментальні «частки» різної, але цілком певної енергійності (кварки та лептони), а за рахунок їх анігіляції зі своїми античастинками, разом з ними з'явилися кванти сильної та електрослабкої взаємодії (глюони, фотони, проміжні бозони).

Утворення гарячої суміші (плазми) речовини та випромінювання величезної щільності, що передували інфляційному розширенню, – це і є, з погляду теорії інфляції, великий вибух. В результаті утворилася гаряча плазма з температурою 10^{32} К. Під дією негативного тиску локальні ущільнення плазми, що являли собою причинно незалежні області (домени), стрімко і фрактально роздулися, подібно до бульбашок, випробувавши прискорене інфляційне розширення майже до сучасних розмірів. До інфляції Всесвіт був хаотичний, зі значними варіаціями щільності та температури речовини у різних регіонах. Проте інфляція експонентно, тобто. майже миттєво, розширила та згладила ці неоднорідності. Вважається, що з часу 10^{-42} до 10^{-35} с, тобто за мізерні частки секунди інфляційна енергія зникла, дозволивши Всесвіту продовжувати розширюватися з порівняно меншою швидкістю. З сучасного погляду це розширення також має характер роздування.

Під час інфляції густина енергії в інфляційному полі залишалася постійною. Інфляція залишила по собі однорідний, ізотропний, плоский, симетричний Всесвіт, який наповнився випромінюванням, коли він закінчився, про що свідчать реліктове випромінювання та інші астрономічні спостереження.

Хоча процес інфляції тривав протягом мізерного часу, – близько 10^{-35} с, – він відбувався настільки інтенсивно, що за цей час Всесвіт розширився майже до сучасних розмірів, кривизна тривимірного простору наблизилася до нуля, а сам тривимірний простір став майже евклідовим.

Останнє твердження є, на мою думку, спірним і найслабшим місцем теорії інфляції.

Можна погодитися із твердженням теорії інфляції у тому, що інфляційне розширення із величезною швидкістю, яка перевищувала у багато разів швидкість світла, було порушенням теорії відносності. Адже в даному випадку йдеться про швидкість роздування простору, що виник одночасно з народженням матеріальної сукупності частинок, зміну його метрики, відстані між частинками, а не про швидкість поширення самих частинок та їх полів.

Сумнів викликає інше твердження теорії про те, що спостереження нібито підтвердили нульову кривизну тривимірного простору, яка могла з'явитися тільки в результаті інфляції. Проте в цьому випадку не береться до уваги, що нам доступна для спостереження лише мізерна частина, невелика околиця утворює простір тривимірного різноманіття, на якій розташувалася видима частина Всесвіту. У той же час, як відомо з топології, для тривимірного спостерігача, що належить тривимірному різноманіттю, його околиці завжди є евклідовими (плоськими), і про нульову кривизну різноманіття не свідчать.

Неважно, однак, зрозуміти, що необхідність інфляційного розширення відпадає, якщо припустити, що великий вибух стався повсюдно і однаково у всіх точках простору-часу, що виник одночасно з ним. З погляду квантової теорії поля сингулярна, тобто одиночна частка, що не перебуває у певному стані, а характеризується квантовою суперпозицією протилежних, взаємно виключають один одного станів i , зокрема, підкоряється корпускулярно хвильовому дуалізму. Якщо позначити хвильову функцію корпускулярного стану через ψ_1 , ймовірність цього стану через \dot{a}_1^2 , а хвильову функцію хвильового стану через ψ_2 і її ймовірність через \dot{a}_2^2 , то хвильова функція сингулярності і ймовірності її реалізації мають вигляд:

$$\psi = \dot{a}_1^2 \psi_1 + \dot{a}_2^2 \psi_2, \quad (1)$$

$$\dot{a}_1^2 + \dot{a}_2^2 = 1. \quad (2)$$

Виходячи з одиночності космологічної сингулярності, слід вважати, що

$$\dot{a}_1^2 = \dot{a}_2^2 = 0,5. \quad (3)$$

Іншими словами, сингулярність з 50 % ймовірністю вибухнула не в одній точці, а одночасно у всіх точках простору величезних розмірів. Це робить первинне роздування Всесвіту зі швидкістю, що значно перевищує швидкість світла, згідно з теорією інфляції, зайвою.

З іншого боку, припущення про віртуальність сингулярності робить її, по-перше, виродженою, що суттєво збільшує ймовірність її одночасного вибуху в багатьох точках простору, а по-друге, знімає питання про причинність вибуху, роблячи його безглуздим.

Це означає, що теорія інфляції нічого не пояснила, вона лише змінила масштаби. На мою думку, доцільно повернутися до моделі Великого вибуху з космологічної, але віртуальної сингулярності.

Має рацію, отже, Р. Пенроуз, коли стверджує, що теорія інфляції всі проблеми просто «заміла під килим». Теорія інфляції вважається сьогодні частиною стандартної моделі, хоча багато вчених, зокрема, фізики та екологи, ставляться до неї досить критично. Це змушує тих учених, які переконані в тому, що Всесвіт виник природним шляхом, пропонуватиме альтернативні моделі.

Достатньо популярною є вакуумна модель. Тут враховується той факт, що вакуум порожнечою не є, а підкоряючись співвідношенню невизначеності, флукує. На початок процесу, відповідно до співвідношення невизначеності, енергія вакууму різко зростає, і він перескакує більш високий енергетичний рівень, який отримав назву помилкового вакууму. Це еквівалентно народженню віртуальних частинок. Кожному квантованому значенню енергії хибного вакууму відповідає певний рівень збудження, відповідна віртуальна частка та точна симетрія.

За такого підходу великий вибух можна гіпотетично розглядати, як перетворення віртуальних частинок вакууму в реальні частки. І тому, проте, необхідно допустити можливість повідомлення ззовні системі, де перебувають віртуальні частки, тобто. вакуум, деякої енергії. Порушення закону збереження енергії у цьому випадку не відбувається. Справді, внаслідок великого вибуху нульова, тобто. максимально можлива негативна енергія зв'язку, перетворюється на позитивну енергію руху та негативну мінімально можливу енергію зв'язку, які у сумі як і рівні нулю. Однак, допустити можливість виникнення будь-яких випадкових зовнішніх впливів на вакуум до народження Всесвіту і великого вибуху можна тільки в тому випадку, якщо прийняти версію мультивсесвіту, що існує в нескінченному часі і не вимагає у зв'язку з цим завдання початкових умов, що невідомо утворилися. Це, однак, суперечить логіці, яка виключає можливість переходу з нескінченного часу в наш кінцевий час.

Згідно з вакуумною моделлю, автором якої є радянський американський фізик і космолог Олександр Віленкін, до великого вибуху квантові сингулярні поля знаходилися в станах помилкового вакууму, який відрізняється від глобального істинного вакууму становищем свого

Рис. 2

основного енергетичного рівня. Хибні вакууми – а, точніше, хибний вакуум єдиного квантового поля, відокремлені від істинного вакууму своїм потенційним бар'єром (рис. 2). На цьому рисунку показано енергетичний стан гіпотетичного сингулярного квантового поля. Знаходження поля в хибному вакуумі дуже нагадує знаходження м'яча, що застряг у поглибленні (потенційній ямі) на схилі пагорба – перешкода (потенційний бар'єр) не дає м'ячу скотитися в низ на рівню галявину. Щоб скотитись, м'ячу треба вибратися з поглиблення, подолати пагорб. М'яч це самостійно зробити не може. Для цього йому треба повідомити енергію ззовні. Квантове сингулярне поле, перебуваючи на дні хибного вакууму, теж не діє, оскільки воно не може витратити енергію і опуститися нижче за основний (стаціонарний) рівень. Однак, квантові об'єкти, як відомо, на відміну від макрооб'єктів, мають властивість подолання потенційного бар'єру шляхом тунельного просочування крізь нього.

Серед інших альтернативних моделей слід назвати циклічні моделі. Перша виходить із того, що розширення Всесвіту відбувається із уповільненням. Це, в принципі, можливе і за відсутності прискореного розширення, і за його наявності, але за умови зменшення згодом щільності темного поля. З часом розширення, переваживши через максимум, змінюється стисненням. В результаті Всесвіт перетворюється на сингулярність, яка природно вибухає. Далі процес циклічно повторюється у нескінченному часі.

Це, однак, оборотна модель, і вона тому суперечить другому початку термодинаміки. Жива істота, наприклад, народжується після зачаття із сингулярності, зиготи, бурхливий поділ якої можна розглядати як великий вибух. Але після смерті воно на зиготу (сингулярність) не перетворюється, яке життєвий цикл не повторюється. Крім того, Річард Толман ще в 1934 році показав неспроможність даної моделі. Дійсно, за законом зростання ентропії наступні цикли збільшуються за масштабами та тривалістю. Це означає, що попередні цикли мають бути дедалі менше як у просторі, і часу, прагнучи нульовим значенням, тобто, циклічність зникає.

Ще одну циклічну модель на основі суперструнної М-теорії висунули у нульових роках ХХІ ст. Пол Стейнхардт та Ніл Турок (Принстонський університет). У теорії струн існує об'єкт, який називається, «браною», реалізований у певній кількості просторових вимірів, у нашому випадку у трьох видимих вимірах, якщо дві тривимірні лайки

існують і розділені додатковими, прихованими вимірами, то вони можуть рухатися вздовж одного з цих вимірів і стикатися один з одним. Їхнє зіткнення розглядається, як Великий вибух, який розвивається відповідно до стандартної моделі.

Існує також конформна циклічна космологічна модель відомих космологів – Роджера Пенроуза та Ваагна Гурзадяна. Інтерес Пенроуза до циклічним моделям пов'язані з тим, що інфляційні теорії неспроможні, як уже було зазначено, пояснити, чому початку існування Всесвіту був настільки низький рівень ентропії, що сприяв виникненню великого вибуху.

Вище вже вказувалося, що вирішальним доказом виникнення великого вибуху стало передбачене суто теоретично Гамовим, і виявлене за цим реліктове випромінювання, яке, як і передбачалося, має дуже високий ступінь ізотропності. Однак на початку 1990-х років російські та американські вчені виявили невелику, на рівні тисячних часток відсотка, анізотропію, яку пояснили випадковими флуктуаціями, що виникають в результаті дуже швидкого роздування (інфляції, що тривало протягом мізерного часу – 10^{-42} – 10^{-35} с). Всесвіту. Тим часом, Пенроуз і Гурзадян заявили про виявлення на картах мікрохвильового фону правильних структур у вигляді концентричних кіл, які свідчать про те, що анізотропія реліктового випромінювання має, швидше за все, закономірний характер. Вчені вважають, що виявлені кола пов'язані з результатами злиття надмасивних чорних дірок, які, падаючи один на одного по спіралі, втрачали енергію шляхом випромінювання гравітаційних хвиль. Причому, деякі з кіл, згідно з розрахунками, пов'язані з подіями розширення поля, які мали відбутися до моменту Великого вибуху.

У 2007 року виникла ще одна космологічна теорія, біоцентризм. Це, щоправда, фізична, а біологічна модель. Її створив американський вчений, ад'юнкт-професор Інституту регенеративної медицини, відомий лікар Роберт Ланц. Його співавтором є американський астроном Роберт Берман. В її основі лежить концепція, згідно з якою не Всесвіт створив Життя і Свідомість, а, навпаки, Свідомість створила Всесвіт. Пояснимо це з прикладу.

Уявіть собі, що ви у лісі спостерігаєте за роботою дроворуба. Чуєте удари сокири, звуки роботи електропили, гуркіт дерев. Але абсолютно глухий дроворуб їх, зрозуміло, не чує. Однак, якщо ви в цей час перебуваєте не в лісі, а у себе на селі, на великій відстані від лісу, ви цих звуків, теж природно, не чуєте. Ви, однак, знаєте точно, що дроворуб працює. Ви також точно знаєте, що на відстані чутності від дроворуба немає жодної людини або тварини, які могли б почути

звуки, пов'язані з його роботою. Виникає питання. Звуки, пов'язані з роботою дроворуба, які ніхто з різних причин не чує, насправді є?

Ланц, зокрема, вважає, що, якщо немає спостерігача, то немає звуку, немає світла (крімна темрява, оглушлива тиша, немає теплоти та холоду, немає інших відчуттів та сприйняття, немає нічого). Інакше кажучи, світ за відсутності спостерігача, наділеного Свідомістю (людини, узагальнено – Життя), відсутня. Він створений Свідомістю, а чи не великим вибухом.

У чому помилка Ланца? По-перше, у тому, що, на його думку, все, що відбувається у Всесвіті, створюється Свідомістю. Насправді, це не так. Звуків, світла, теплоти тощо у відсутності спостерігача справді не існує. Але, по-перше, є і залежить від спостерігача їх джерела – коливання повітря, електромагнітні хвилі в оптичному діапазоні, хаотичний рух частинок тощо, тобто. ті ж звуки, той самий світло, те тепло, але представлені більш простими і одноманітними, примітивними сигналами, що кодують зазначену інформацію. Свідомість лише змінює кодування реально існуючої інформації, що виникає внаслідок змін матеріальних об'єктів. Воно, іншими словами, перетворює примітивні однакові сигнали на привабливі. Свідомість обслуговує життя, але з створює, ні життя, ні матерії. Воно, як і матерія, саме виникло з великим вибухом і виконує певну творчу функцію. Вона полягає в тому, що, складаючи ті дещо первинні цеглини в різні порядки та комбінації, по-різному, порушуючи їхню симетрію, воно творить весь різноманітний і впорядкований привабливий світ, і програму його розвитку.

По-друге, за Ланцом, спостерігачем є лише людина, яка усвідомлює світ, який, як він думає, є зовнішнім по відношенню до нього, хоча, нібито, насправді він дозріває лише свій внутрішній світ, вважаючи його помилково зовнішнім. Світ без спостерігача саме тому не існує.

Насправді світ у відсутності спостерігача дійсно відсутній, але спостерігачем і перетворювачем світу, що прицільно розвивається, є не тільки людина, не тільки будь-яка жива істота, а всі об'єкти матеріальної сукупності, – від нейтрино, кварка, атома, молекули, фотона, каменю, бактерії, – до людини. Інша річ, кожен об'єкт матеріального світу сприймає світ по-своєму, залежно від частки, пропорції наявності у ньому нерозривно з нею пов'язаного свідомого начала.

Зрештою, якщо припустити, що, якщо немає Свідомості, то немає світу, то залишається питання, звідки взялася Свідомість, хто її створив? Атеїст Ланца не має відповіді. Немає його й у сучасної науки. Пасивна матерія, яка прагне небуття, не може створити активно діючу свідомість, яка продумала наш світ до дрібниці і стала причиною його тонкого підстроювання.

Твердження, що надрозумна Свідомість виникла випадково ще більший абсурд, ніж твердження про випадкове виникнення нічого чистої матерії. Нейронна мережа, якщо її вважати чисто матеріальною, за всіх її чудових властивостей не могла створити і не створить ніколи ні звучання, ні світла, ні відчуттів, ні духовності тощо без їх матеріальних джерел. Отже, або треба повертатися до ідеї нескінченного вічного стаціонарного світу, який творчості не потребує (але це суперечить спостереженням і фактам), або прийняти за основу мою гіпотезу – матерія і свідомість можуть існувати та існують тільки в єдності, доповнюючи один одного. Вони дві сторони однієї і тієї ж медалі і виникли разом одночасно в результаті великого вибуху. Вони лише у різних пропорціях містяться у об'єктах, залежно від призначення та функціональності цих об'єктів, що визначаються свідомістю. В електроні питома вага свідомості більше, ніж, припустимо, у молекулі, а в клітині живого істоти більше, ніж у структурній частині неживого, у мозку людини – більше, ніж у мозку мурашки. Чистої матерії, як і чистої свідомості, немає. Є лише створена людським мозком модель чистої матерії та існуюча незалежно від неї модель чистої свідомості.

У всіх розглянутих нами моделях походження та розвитку світу є свої логічні та суперечать їм алогічні підстави.

Оскільки вся енергія зв'язку при вибуху перейшла в енергію руху і, будучи негативною, стала мінімально можливою, рівною по абсолютній величині позитивної енергії руху, то повна енергія Всесвіту, що знову виник, як і дорівнювала нулю. Тому існує уявлення про те, що при Великому вибуху щось виникло з нічого, також не відповідає дійсності. Те саме стосується всіх характеристик Всесвіту.

На питання про те, що було до Великому вибуху, на мій погляд, відповідь єдина – був вакуум, віртуальний світ, до якого наші поняття – матерії та свідомості, порядку та хаосу, випадковості та закономірності, простору та часу, енергії та маси, руху та зв'язку, життя та смерті окремо не мають сенсу.

Розглянемо далі механізм процесу еволюції Всесвіту після його народження. Він представлений рядом епох, кожна з яких характеризується своєю температурою та своїм часом, відлік якого ведеться від планківського часу 10^{-43} с. Все, що відбувалося до цього моменту, поки що не піддається пізнанню, а, на наш погляд, у принципі непізнаване. Це пов'язано з тим, що, відповідно до теорії суперсиметрії, планківський час є мінімально можливим квантом часу. Хоча теорія суперсиметрії поки не знайшла експериментального підтвердження і до стандартної моделі не входить, але її достовірність, на нашу думку, не викликає сумнівів.

Швидкість випромінювання, що виникло в момент 10^{-43} с, в результаті подолання віртуальним полем потенційних бар'єрів хибних вакуумів з колосальною енергією та його проникнення в навколишній істинний вакуум виявилася максимально можливою і дорівнювала швидкості світла. Так на місці віртуального вакууму виник тривимірний простір. Випромінені частинки з нульовим спином виявилися безмасовими, і їхня енергія Планка, дорівнює 10^{16} GeV, є еквівалентною температурі $T \approx 10^{32}$ K, і сприяла швидкому розширенню простору, його інфляції, яке тривало до 10^{-35} с.

Разом з розширенням простору відбувалося розтягнення довжини хвилі частинок випромінювання. Це привело до розпаду частинок випромінювання на дійсні частинки з напівцілим спином, викривлення простору-часу та виникнення гравітаційного поля. Локальна калібрувальна симетрія надала частинкам, за теоремою Неттера, електричні, кольорові, баріонні і слабкі заряди, що зберігаються, а розпад відбувся на дійсні частинки та античастинки, що взаємно компенсують один одного і які анігілювали з утворенням первинних фотонів. Розпад на частинки відбувався дещо швидше, ніж на античастинки. Тому, після анігіляції, разом із бозонами, залишився надлишок частинок. Кожна із зазначених стадій реалізувалася при своїй температурі, що швидко знижувалася з розширенням Всесвіту (табл. 1).

Таблиця 1

Назва епохи та відповідні їй фізичні процеси	Час, с	Температура, К
Народження класичного простору-часу	10^{-43}	10^{32}
Стадія інфляції	$\sim 10^{-42} - 10^{-35}$	$\sim 10^{32} - 10^{29}$
Народження речовини	-10^{-35}	$\sim 10^{29}$
Народження біріонного надлишку		
Електрослабкий фазовий перехід	-10^{-10}	$\sim 10^{17} - 10^{16}$
Конфайнмент кварків	-10^{-4}	$\sim 10^{13} - 10^{12}$
Первинний нуклеосинтез	1–200	$\sim 10^{10} - 10^9$

До критичної температури 10^{16} K дотримувалася симетрія фундаментальних речових частинок (див. рис. 3 та 4, а) так, що вони між собою мало відрізнялися і піддавалися єдиній взаємодії (епоха великого об'єднання). Через високу температуру їхньої взаємодії не дозволяли створювати стійкі зв'язки між собою.

У момент часу 10^{-12} с і критичній температурі відбулося спонтанне порушення симетрії. Нестійкі і тому не реалізовані зв'язки виявилися енергетично вигідними, і частинки, зокрема кварки, стали

масово об'єднуватися, знизивши свою енергію руху (збільшивши, відповідно, свою енергію зв'язку) до стійкого мінімуму (див рис. 3 та 4). В результаті сильні взаємодії (взаємодії між кварками) відокремилися, і виникла епоха електрослабких взаємодій.

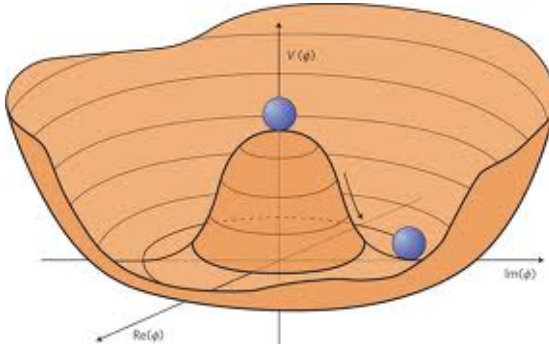


Рис. 3

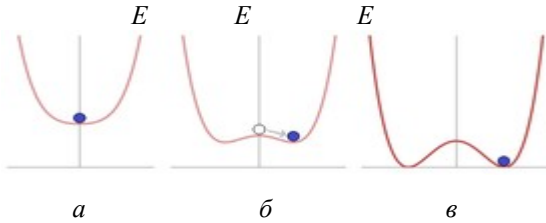


Рис. 4. «Потенціал з двома ямами».

Ілюстрація механізму спонтанного порушення симетрії.

Система може самостійно перейти до будь-якої з двох потенційних ям

Спонтанне порушення симетрії – це процес випадкового фазового переходу системи в одну з множини можливих однакових станів з мінімальною енергією. При спонтанному порушенні симетрії рівняння, що описує систему, залишається симетричним.

Розглянемо це на прикладі. Нехай по осі симетрії вертикально циліндра, що стоїть, падає кулька на його дно, площина якого перпендикулярна осі симетрії. Всі точки дна мають однакову, мінімально можливу енергію. Ця система симетрична щодо її обертання навколо вертикальної осі, що проходить через центр кола дна циліндра.

Нехай частину дна циліндра займає деяка симетрична відносно вертикальної осі фігура, наприклад, параболоїд, як показано на

рис. 3, або сфера тощо. Кулька, що падає, потрапляє спочатку на вершину (найвищу точку) цієї фігури. У цьому стані не порушує симетрію системи, але перебуває, проте, в гранично нестійкому, оскільки її потенційна енергія вища за потенційну енергію будь-якої нижчої точки. Тому, при найменшій випадковій флуктуації системи, без будь-яких зовнішніх впливів, вона скочується в одну з точок кола основи дна, і поводить у цьому випадку так, ніби у нього немає маси. Рівняння, яке описує систему, як і раніше, залишається симетричним, але стан системи стає несиметричним щодо тієї ж вертикальної осі. Оскільки кулька може випадково скотитися в будь-яку з множини точок дна з однаковою мінімальною енергією, то порушена симетрія є спонтанною, а кулька переходить з нестійкого стану в стійкий. Без зовнішнього впливу кулька, що скотилася, не в змозі змінити свій стан, тобто. самостійно переміститися в іншу точку дна. Це еквівалентно тому, що, завдяки спонтанному порушенню симетрії, він набув маси.

У квантовій теорії поля також говорять про спонтанне порушення симетрії. Вважається, що воно сталося на момент часу 10^{-12} с при охолодженні до критичної температури $T = 10^{16}$ К під дією поля Хігса (див. рис. 4), коли енергія незв'язаного стану частинок стала невідгідною, і вони почали зв'язуватися між собою, створюючи стійкі стани з мінімально можливою енергією, тобто, скочуючись з вершини на площину потенційну яму.

Графік потенційної енергії цього поля з двома потенційними ямами в одновимірному представленні має форму опуклого сферичного дна, розглянутого вище циліндра (рис. 4, *в*) або так званого мексиканського капелюха в тривимірному просторі (рис. 3, 4, *в*).

Безпосередньо в початковий момент енергія зв'язку частинок зменшилася умовно до нуля, але система залишилася симетричною (рис. 4, *а*). При критичній температурі $T = 10^{16}$ К виникли умови для взаємодії частинок – їх взаємного тяжіння та відштовхування (електромагнітні та сильні взаємодії), розпаду та з'єднання з утворенням нових частинок (слабкі взаємодії). Потенційна енергія системи (у разі поля Хігса) початкового стану відповідно зростає (рис. 4, *б*), стан фундаментальних частинок стає нестійким, і вони, без будь-яких зовнішніх впливів, спонтанно, тобто випадково, скочуються в потенційну яму ліворуч або праворуч, як показано на рис. 4, *в*, у будь-який стан з меншою, але однаковою енергією. В результаті відбувається спонтанне порушення симетрії, що еквівалентно, як показано вище, надання частинок відповідних мас.

Процес розпаду одних частинок з утворенням інших частинок у квантовій теорії поля викликається слабкими взаємодіями, які пере-

носяться векторними проміжними бозонами W і Z . Слабкі взаємодії, як видно з рис. 4, *в* порушують парність, яка мала місце для всіх взаємодій до порушення симетрії, безпосередньо в момент великого вибуху (рис. 4, *а*). В результаті всі частинки, що беруть участь у слабкій взаємодії, а саме, фундаментальні речові частинки (кварки та лептони) – отримують масу, яка зберігається і в тому випадку, коли система повертається у вихідний стан [4].

Слабкі взаємодії є єдиними взаємодіями серед усіх фундаментальних взаємодій, які при дзеркальному відображенні змінюють парність системи. Поле, що забезпечує проходження описаного процесу спонтанного порушення симетрії слабких взаємодій і повідомлення частинкам маси, що беруть участь у ньому, передбачене Пітером Хіггсом, названо на його честь полем Хіггса. Частинки, що переносять його взаємодії, називаються бозонами Хіггса.

Величина маси, які отримали частинки, визначається інтенсивністю її взаємодії з полем Хіггса та пропорційна величині цієї інтенсивності, що характеризується безрозмірним коефіцієнтом зв'язку ξ . За сучасними даними величина потенціалу постійного у просторі поля Хіггса:

$$\varphi_0 = 174 \text{ ГэВ.} \quad (4)$$

Маса, що набувається часткою в результаті взаємодії з полем Хіггса, визначається у зв'язку з цим за формулою:

$$mc^2 = \xi \cdot \varphi_0. \quad (5)$$

З цього виразу випливає, що для електрона $\xi_e \approx 3 \cdot 10^{-6}$, для кварків $\xi_u \approx 1,5 \cdot 10^{-5}$; $\xi_d \approx 3 \cdot 10^{-5}$; $\xi_\nu \approx 1$, для нейтрино ця константа знаходиться в районі 10^{-13} . Поле Хіггса дає масу також проміжним векторним бозонам: $W - 80 \text{ ГэВ}/c^2$; $\xi = 0,5$; $Z - 91 \text{ ГэВ}/c^2$, $\xi = 0,52$, і самому бозону Хіггса $H^0 - 125 \text{ ГэВ}/c^2$, $\xi = 0,72$. Фотони, глюони і, ймовірно, гравітони, які не беруть участь у слабких взаємодіях, залишаються безмасовими.

Введенням поля Хіггса було завершено побудову в 1960 р. Шелдоном Глешоу, а в 1967 р. Стівен Файнбергом і Абдул Саламом стандартної моделі.

Поява у Всесвіті масивних частинок призвела до уповільнення часу поблизу масивних тіл, викривлення та відхилення простору-часу від локальної калібрувальної симетрії та взаємного тяжіння, яке охопило собою всі речові частинки, складені з них атоми та молекули і, відповідно, всі речові тіла Вселен. Безструктурні частки випромі-

новання (фотони, глюони, гіпотетичні гравітони, які беруть участь у слабких взаємодіях) залишилися безмасовими (табл. 2).

Таблиця 2

Види і властивості фундаментальних взаємодій

Взаємодія	Константа взаємодії	Частинки	Кванти поля (бозони)	Маса кванта поля, ГеВ	Характерний час взаємодії, с	Радіус взаємодії, см
Сильне	1	Кварки (адрони)	Глюон (8 видів)	0	10^{-21} – 10^{-23}	$\approx 10^{-13}$
Електромагнітна	10^{-2}	Заряджені частинки	γ -квант	0	$\approx 10^{-18}$	∞
Слабке	10^{-6}	Лептони і кварки	W^{\pm} Z	80 91	$\approx 10^{-10}$	$\approx 10^{-16}$
Гравітаційне	10^{-38}	Всі частинки	Гравітон	0	∞	∞
Хіггса	10^{-4}		Бозон H^0 (Хіггс)	125	$\approx 10^{-14}$	$\approx 10^{-16}$

Бозон Хіггса було виявлено у 2012 році (рис. 4, 5) в експериментах на ВАК. В даний час він ретельно вивчений, і його існування не викликає сумнівів.

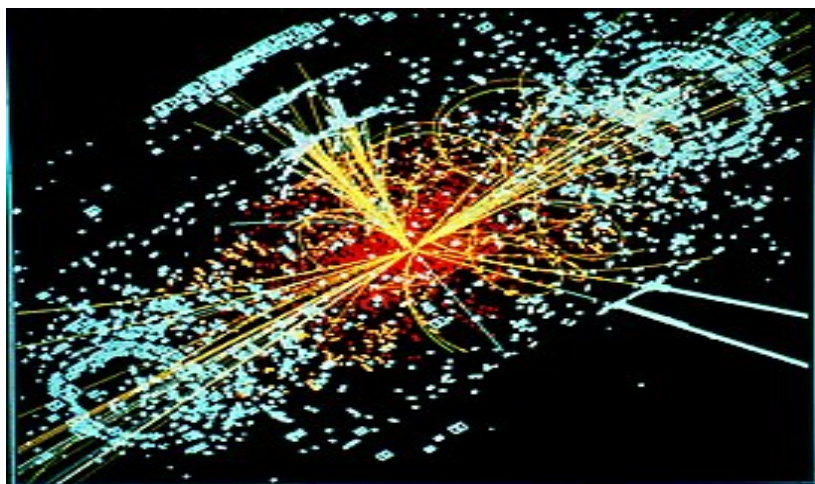


Рис. 5. Моделювання, що показує появу бозона Хіггса при зіткненні двох протонів

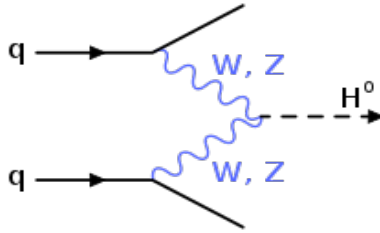


Рис. 6. Діаграма Фейнмана, що показує можливі варіанти народження W- або Z-бозонів, які за взаємодії утворюють нейтральний бозон Хіггса

Бозон Хіггса розпадається практично миттєво після виникнення:

- на пару b -кварк– b -антикварк;
- на пару електрон–позитрон або на дві пари електрон–позитрон;
- на мюон–антимюон із парою нейтрино;
- на 2 фотони.

Вважається, що «будівельним матеріалом» Всесвіту є атомарна речовина. Атоми передбачаються що з розташованого у тому центрі ядра, складеного з протонів і нейтронів, і розташованих навколо нього електронів. Протони і нейтрони, складені, своєю чергою, із трьох кварків двох різновидів (u , d). Крім того, у внутрішньоядерних процесах слабкої взаємодії утворюється ще одна частка речовини, нейтрино, яка, однак, до складу ядра не входить, а, виникнувши, залишає ядро і атом, випаровуючись в космос з навколосвітньою швидкістю.

З усіх перелічених атомарних частинок лише чотири, а саме, 2 лептони (електронне нейтрино та електрон) та 2 різновиди кварків (верхній u , а також нижній d) є безструктурними, тобто фундаментальними, істинно елементарними (однорівневими) частинками. Ці частинки утворюють все баріонну (атомарну) речовину Всесвіту. Крім перерахованих фундаментальних частинок, що утворюють баріонну речовину (кварки u , d і лептони e , νe), кожна з них має ще 2 близнюки, які не входять до складу атомів. Таким чином, у Природі є 3 покоління фундаментальних частинок. Одне з них утворює всю атомарну речовину Всесвіту, а два інших – грали, мабуть, якусь роль у початковому Всесвіті (рис. 6) та при утворенні поля Хіггса.

Частинки речовини, ферміони, характеризуються однією і тією ж внутрішньою непарною симетрією, яка визначається напівцілим спином, рівним $(1/2)$, і підпорядковуються забороні Паулі, згідно з якою дві однакові взаємодіючі частинки не можуть перебувати в однаковому стані.

Іншими характеристиками ферміонів є їх електричні та інші заряди, як цілі, так і дробові (на рис. 7 знизу вгору у кожній частинки вказані спин, електричний заряд і маса в eВ). Вся речовина складається з 12 фундаментальних частинок, ферміонів, але тільки 4 з них (перша колонка таблиці, рис. 7) утворюють зірково-галактичний Всесвіт. До ферміонів належать й складові речові частинки, наприклад, протони, нейтрони, інші трикваркові адрони. Крім того, до них відносять багато адронів, сумарний спин яких є напівцілим або дробовим числом.

маса	$\approx 2.16 \text{ Мев}/c^2$	$\approx 1.27 \text{ Гев}/c^2$	$\approx 172.7 \text{ Гев}/c^2$	0	$\approx 125.25 \text{ Гев}/c^2$
заряд	2/3	2/3	2/3	0	0
спин	1/2	1/2	1/2	1	0
	u верхній	c очарований	t істинний	g глюон	H бозон Хиггса
КВАРКИ	$\approx 4.67 \text{ Мев}/c^2$	$\approx 93.4 \text{ Мев}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ Гев}/c^2$	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d нижній	s странний	b прекрасний	γ фотон	
ЛЕПТОНИ	$0.511 \text{ Мев}/c^2$	$105.7 \text{ Мев}/c^2$	$1.777 \text{ Гев}/c^2$	$91.19 \text{ Гев}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e електрон	μ мюон	τ тау-лептон	Z Z-бозон	
	$< 1.1 \text{ эВ}/c^2$	$< 0.19 \text{ Мев}/c^2$	$< 18.2 \text{ Мев}/c^2$	$80.38 \text{ Гев}/c^2$	
	0	1/2	1/2	± 1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e електронне нейтрино	ν_μ мюонне нейтрино	ν_τ тау-нейтрино	W W-бозон	
					КАЛИБРОВОЧНІ БОЗОНИ (ВЕКТОРНІЕ)
					СКАЛЯРНІЕ БОЗОНИ

Рис. 7

Всі взаємодії ферміонів переносяться бозонами квантами відповідних полів (див. 4-ту колонку рис.7).

Сильна та слабка взаємодії є місцевими, вони сконцентровані всередині атомного ядра, а електромагнітна та гравітаційна взаємодії – глобальними. Фундаментальні взаємодії є результатом порушення локальної калібрувальної симетрії. Це означає, що джерелами цих полів є їх заряди, що зберігаються, а самі поля інваріантні щодо відповідних перетворень їх потенціалів. Так, зокрема, джерелом сильної взаємодії є кольоровий заряд кварків, що зберігається, слабкої взаємодії – так званий слабкий заряд, електромагнітного – електричний заряд, а гравітаційного – маса, що зберігається.

При внесенні в простір-часі Мінківської масивної матерії час, як впливає з теорії відносності, локально сповільнюється, інтервали,

а, отже, і простір–час загалом відхиляються від симетрії, втрачають свою лінійність, викривляються. Це, у свою чергу, призводить до локального прискореного зближення матеріальних об'єктів, яке сприймається нами як їхнє взаємне тяжіння. Разом з тим, прагнучи відновлення симетрії, зоряно-галактична сукупність, долаючи швидко спадаюче зі збільшенням відстані тяжіння, розбігається, що сприймається нами на великих відстанях, як розширення Всесвіту [1, 7, 8].

У процесі еволюції невелика частина первинної речовини (4,9 %) утворила впорядковані структури. Об'єднання кварків, зокрема, призвело до виникнення первинних нуклонів, складових частин майбутніх ядер атомарної речовини, а через 380 тисяч років після великого вибуху – до об'єднання нуклонів (ядер) з електронами (рекомбінації) та відокремлення від кварк-глюонної плазми первинного (релікт) випромінювання, для якого речовина, що утворилася, стала прозорою. Це, у свою чергу, призвело до виникнення атомів, їхнього об'єднання під дією електромагнітного поля та утворення молекул баріонної речовини. Виникла з плазми атомарна (баріонна) речовина під дією атомно-молекулярних взаємодій електромагнітних полів сусідніх частинок та гравітації утворила окремі ущільнені області, які стали зародками зоряно-галактичного космосу. Цей процес привів, зрештою, до утворення баріонної частини зірково-галактичного Всесвіту, нашої Сонячної системи, що відчувається нами, і нас самих.

Решта речовини Всесвіту (94,9 %) залишилася неорганізованою і невидимою, утворила, згідно з сучасними уявленнями, темну матерію та темне поле.

Багаторівнева структура баріонної речовини, що виникла в процесі еволюції, послужила основою для утворення спочатку кварк-глюонної плазми, а потім атомарної (баріонної) матерії, яка під дією гравітації сконцентрувалася в місці її локалізації і утворила галактики та зіркові системи.

Всесвіт після розпаду первинної матерії, формування зірок і галактик, прагнучи симетрії, продовжував розширюватися. Швидкість цього розширення збільшувалася в міру видалення галактик, що розбігаються, від центру спостереження (закон Хаббла).

З погляду теорії локальної калібрувальної симетрії і моделі гарячої Всесвіту, як зазначалося вище, частинки, що виникли після великого вибуху, мали найпростішу організацію, були позбавлені будь-якої внутрішньої структури і неоднорідності, поводитися, як єдине ціле, тобто. були безмасовими [1–4, 9,10]. При охолодженні Всесвіту виникло поле Хігса, яке надало частинкам масу та сприяло виникненню гравітації.

На сьогодні є два взаємовиключних пояснень цього феномена. Перше виходить з того, що гравітаційна теорія, в основі якої лежить загальна теорія відносності, не враховує квантових ефектів стандартної моделі, а квантова теорія поля не враховує релятивізм загальної теорії відносності (дискретність простору–часу). Це проявляється в галузі високих енергій і вимагає у зв'язку з цим доповнення існуючих моделей новою теорією квантової гравітації.

Друге пояснення виходить з того, що стандартна модель недосконала і що з часом будуть виявлені відхилення від неї та необхідність розробки нової єдиної моделі, яка охопить собою всі взаємодії.

Багато фізиків очікували, зокрема, що експерименти на БАК зможуть зареєструвати безліч відхилень від Стандартної моделі. Проте, за перші 12 років експериментів таких відхилень не було виявлено. Лише у березні 2021 року було отримано перше повідомлення про виявлення порушення так званої лептонної універсальності. Це порушення на рівні більше 3σ проявляється в тому, що розпади чарівних мезонів B^+ з випромінюванням мюонних пар йдуть на 15 % рідше, ніж з випромінюванням пар електронів.

У квітні 2021 р. було отримано друге повідомлення, що вимірювання g -фактора аномального магнітного моменту мюона в експериментах мають статистично значущу розбіжність на рівні 4σ з передбаченнями Стандартної моделі.

Нарешті, у квітні 2022 року фізики у своєму дослідженні, зробленому на основі обробки даних 10 років роботи колайдера «Теватрон», показали, що маса W -бозону на 0,09 % вища, ніж передбачає Стандартна модель. Ці аномалії поки що не вважаються остаточно встановленими і можуть, у разі їх підтвердження, свідчити про існування ще однієї невідомої взаємодії.

Література

1. Рубаков В. А. Актуальные вопросы космологии : курс лекций / В. А. Рубаков. – М. : ИД МЭИ, 2015. – Вып. 6. – 272 с.
2. Емельянов В. М. Стандартная модель и ее расширение / В. М. Емельянов. – М. : Физматиздат, 2007. – 584 с.
3. Negashima Y. Elementary Particle Physics' Found at ions of the Standard Model. – Cambridge : Cambridge University Press, 2013. – 952 p.
4. Горбар Е. В. Бозон Хігса предбачення пошук відкриття / Е. В. Горбар, В. П. Гусинин // Вісник НАН України, 2014.
5. Bertone G., Hopper D. History of dark matter // Reviews of Modern Physics. – Vol. 90, № 4, 2018.

6. Sanders R. H. The dark Matter Problem: A Historical Perspective. – Cambridge University Press, 2010.

7. Прейгерман Л. Курс современной физики. Новые подходы к объяснению физической картины мира / Л. Прейгерман, М. Брук. – М. : научное изд. Ленанд, 2016. – 1119 с.

8. Лев Прейгерман. Неизвестная Вселенная. – Хайфа, изд. ИНАРН, 2020. – 439 с.

9. Прейгерман Л. Физика на перепутье / Л. Прейгерман // Вестник Академии. Ученые записки. – Хайфа : изд. ИНАРН. – Т. 8, № 1, 2016. – С. 13–28.

10. Прейгерман Лев. Системный анализ проблемы сингулярности и процессы познания. Вестник Академии. Ученые записки. – Хайфа : изд. ИНАРН. 2019. – Т. 11, № 1. – С. 7–17.

11. Прейгерман Лев. Фрактальность и Вселенная / Л. Прейгерман // Вестник Академии. Ученые записки. – Хайфа. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 5–20.

СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ

Гуржій А.¹, Карташова Л.², Зайчук В.³, Шеремет Т.⁴

*^{1,3}Національна академія педагогічних наук України,
Київ, вул. Січових Стрільців, 52а*

*²Центральний інститут післядипломної освіти УМО НАПН України,
Київ, вул. Січових Стрільців, 52а,*

E-mail: ²lkartashova@ua.fm, ⁴tetiana_sheremet@ukr.net

Цифрова трансформація зумовлює появу інноваційних унікальних систем і процесів, що складають їх нову ціннісну сутність. Цифрові технології (ЦТ) досить стрімко стали підґрунтям для розроблення нових ресурсів, продуктів, цінностей, властивостей та, відповідно, основою отримання конкурентних переваг на економічному ринку. Підтримка неперервності й доступності навчання, незалежно від подій, які цьому заважають, забезпечення кожного громадянина України доступом до якісної освіти здійснюється шляхом створення та використання програмно (програмно-апаратно) реалізованих цифрових засобів навчання. Ефективним і доступним методом поширення якісного навчання є розроблення та використання електронних навчальних курсів (ЕНК) як найбільш популярних цифрових засобів навчання. В кризових умовах, під час пандемії та війни, багато закладів освіти України вже інвестують свій професійний досвід в технології підви-