

ПОНЯТТЯ «ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ» У СУЧАСНОМУ НАУКОВОМУ ДИСКУРСІ

*Т. В. Горбатюк, кандидат філософських наук
gorbatiuktv@gmail.com*

Анотація. Проаналізовано становлення та розвиток поняття «темної матерії» у сучасному науковому дискурсі. Розглянуто можливі претенденти на роль «темної матерії».

Ключові слова: *темна матерія, гаряча темна матерія, холодна темна матерія, MACHOs, WIMPs.*

У намаганнях дати відповідь на запитання: що таке Всесвіт, яка його будова, структура? – людство здійснило великий і важкий шлях, оскільки практично кожна історична епоха формувала свої світоглядні орієнтири в розумінні цього поняття. Еволюція його розуміння формувалася, перш за все, на здобутках в розвитку наукової сфери суспільства. Сучасна наука, охопивши майже всі сфери життєдіяльності соціуму, має змогу описати та осмислити практично всі явища існуючого Всесвіту.

Західна і східна традиції впродовж століть намагалися сформувати своє власне уявлення щодо такого надзвичайно складного феномена, як Всесвіт та місце людини в ньому [4].

З аналізу багатьох експериментальних даних випливає, що Всесвіт приховує від наших очей майже всю свою масу, залишаючи видимою для приладів науковців лише близько однієї соті частки речовини.

Нині виникає питання: «Чи дійсно сучасна наука здатна пояснити, що таке Всесвіт і яка його структура?» Відкриття «темної матерії» та «темної енергії» кардинально перевернуло уявлення людини про світ, який оточує людину. З чого складається невидима, або, як її стали називати, Темна Матерія, нашого Всесвіту? Яке її походження і космологічна роль у зародженні та формуванні галактик і галактичних скупчень? Чи можна її фіксувати і вивчати за допомогою сучасних приладів?

Як нещодавно було доведено, сучасна наука здатна повною мірою описати лише 4% матерії Всесвіту. 22% – це «темна матерія», а 74 – це «темна енергія». Саме дослідження цих двох типів речовини дасть можливість повною мірою охарактеризувати великомасштабну структуру Всесвіту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дану проблематику досліджують Д. Баллок, Л. Стригари, М. Капplingхат, В. Рубаков, В. Лук'янець і багато інших сучасних вчених, які працюють у проблемному полі космології, астрофізики, космофізики.

Мета дослідження – розгляд поняття «темна матерія». Що це? Які її властивості? Чим вона відрізняється від звичайної матерії?

Виклад основного матеріалу. До недавнього часу вважалося, що основна маса нашого Всесвіту складається з зірок та їх похідних – планет,

міжгалактичного газу, космічного пилу, – тобто з видимої (випромінюючої або тієї, що відбиває електромагнітні хвилі) баріонної матерії. Небаріонна матерія, в яку до недавніх пір включали тільки електромагнітне (фотонне) і нейтринне випромінювання, здавалося б, не могла зробити істотного внеску в загальну масу Всесвіту, оскільки фотони не мають маси, а маси нейтрино мізерно малі.

Питання про можливе існування у Всесвіті якоїсь прихованої маси вперше почали серйозно обговорювати на початку 30-х років, після того як Е. Хаббл у 1929 р., вимірюючи червоний зсув спектральних ліній галактик зробив сенсаційний висновок про те, що галактики і галактичні скупчення розбігаються одне від одного, тобто наш Всесвіт розширюється.

Якщо Всесвіт, із самого початку після Великого вибуху, розширювався рівномірно в усі сторони, то незрозуміло, чому окремі його частини почали конденсуватися, а згодом перетворюватися в галактики і зірки. Існує кілька моделей формування галактик, і присутність прихованої маси є необхідною складовою більшості з них.

При уважному вивченні обертання галактик було виявлено одну характерну особливість – швидкості руху зірок виявилися занадто великими! За таких швидкостей вони давно мали б залишити галактику, оскільки сумарна гравітаційна сила всіх зірок, як показують розрахунки, була б не здатна їх утримати.

Прихована маса (або темна матерія) виникла майже відразу ж після Великого Вибуху, на відміну від знайомих нам атомів. Вона слабо взаємодіє з електромагнітним випромінюванням (чим і пояснюються труднощі її виявлення), однак, як і «нормальна» матерія, має гравітацію, тому здатна сама збиратися в згущення й притягувати нормальну матерію. Темна матерія, на думку науковців, могла слугувати свого роду гравітаційними «зернами», які викликали збільшення щільності енергії в невеликих областях простору. Гравітаційні сили цих областей притягували до себе всю речовину, яка їх оточувала, тим самим формуючи основу для майбутніх галактик. Сьогодні вже достеменно відомо, що галактики оточені гало з темної матерії, які в 10 разів масивніші за видимі компоненти галактик.

Сучасні методи вивчення скупчень (кластерів) галактик дають достатньо надійні оцінки загальної щільності матерії у Всесвіті. За вимірами рентгенівського випромінювання газу в кластерах було визначено, що загальна щільність усіх видів матерії становить приблизно 1/3 від критичної щільності. Існує багато інших незалежних методів оцінки щільності, більшість із яких дають приблизно такі самі результати.

Але нещодавно отримані дані, в результаті вимірювань реліктового випромінювання за допомогою приладів на повітряних кулях над Антарктидою (експеримент «*BOOMERanG*»), показали, що Всесвіт містить достатню кількість матерії для реалізації моделі «гальмування» розльоту [5]. Тобто, повинна існувати якась прихована від нас невидима матерія, яка відновлює дефіцит загальної маси Всесвіту до критичного значення. Спостережувані невеликі (тисячні частки відсотка) флуктуації в просторовому розподілі реліктового випромінювання, як було зазначено, є свідчен-

ням первинного групування матерії в ранньому Всесвіті – початку зародження галактик. Це ще одне непряме підтвердження «необхідності» первинної небаріонної Темної Матерії, оскільки саме її неоднорідності в просторі могли бути початковими центрами для концентрації видимої баріонної речовини і бути причиною існуючої великомасштабної структури Всесвіту.

З іншого боку, останні дані спостережень дуже далеких наднових зірок можуть інтерпретуватися на користь прискорення розширення Всесвіту, тобто моделі «відкритого» Всесвіту. Правда, ці спостереження вдається також пояснити, вводячи в модель Всесвіту космологічну константу Λ . Асоційована з останньою ненульова щільність вакууму (негативний тиск вакууму) могла також впливати на ранню структуру Всесвіту і викликати флуктуації, що спостерігається в кутовому розподілі реліктового випромінювання [1].

Таким чином, питання про якісний та кількісний склад Темної Матерії відіграє найважливішу роль не тільки для розуміння сучасної будови Всесвіту, а й для вибору найбільш адекватної моделі її еволюції та подальшого розвитку.

Уперше термін «темна матерія» запропонував Фріц Цвіккі у 1934 році для позначення невидимої маси, на яку вказували спостереження. Згодом інші спостереження та дослідження вказали на її існування. І хоча вчені вважають, що «темна матерія» відіграє важливу роль у космології, прямі докази її існування й конкретного розуміння її природи залишаються їх недосяжною метою. Гіпотеза про існування «темної матерії» залишається найбільш широко прийнятною для пояснень спостережуваних аномалій у галактичному русі.

За визначенням, Темна Матерія не випромінює (і не відбиває) електромагнітного випромінювання, а впливає на інші видимі небесні тіла тільки гравітаційним чином.

На сьогодні перевага віддається композиційної моделі Темної Матерії, що складається із суміші декількох типів власне Темної Матерії [$\sim 10\%$ баріонної (*MACHOs*) + $\sim 30\%$ небаріонної гарячої (нейтрино) + $\sim 60\%$ небаріонної холодної (*WIMPs*)] і Темної Енергії за рахунок ненульової щільності вакууму (Λ -член).

Таким чином, передбачуваних кандидатів на темну матерію не так вже й мало, але їх можна розділити на дві основні категорії: астрономічні об'єкти (*MACHOs* – *Massive (Astrophysical) Compact Halo Objects* – «масивні (астрофізичні) компактні гало-об'єкти») [6] і елементарні частинки (*WIMPs* – *Weakly Interacting Massive Particles* – «слабовзаємодіючі масивні частинки») [7].

MACHOs – це масивні об'єкти, що складаються зі звичайних елементарних частинок, практично не світяться, в іншому випадку, їх би давно побачили. Кандидатами на роль *MACHOs* є чорні діри, старі нейтронні зірки, коричневі (темні) карлики (*browndwarfs*) і, можливо, білі карлики.

Якщо *MACHOs* практично не світяться, то їх все-таки можна виявити. Сучасні наукові методи і техніка дають змогу це зробити. Так, із вве-

денням в дію космічного телескопа «Хаббл», астрономам вдалося виявити багато темних об'єктів у нашій та сусідніх галактиках.

З аналізу великомасштабної структури Всесвіту випливає, що вона в основному повинна складатися з масивних частинок. Ці частинки в період матеріалізації Всесвіту після Великого Вибуху повинні бути нерелятивістськими, тобто холодними частинками, на відміну від нейтрино, які практично не мають маси і залишаються релятивістськими (гарячими). Але, незважаючи на цю важливість для великомасштабної структури Всесвіту, ми все ще не знаємо, чим насправді є темна матерія.

Отже, серед різних моделей темної матерії є дві загальні категорії: гаряча (*hotdarkmatter* – *HDM*) і холодна темна матерія (*colddarkmatter* – *CDM*).

Гарячий варіант отримав свою назву тому, що її частинки можуть снувати навколо з неймовірною швидкістю, аж до субсвітової. Тобто, «Гаряча» темна матерія – це частинки, які рухаються зі швидкостями, близькими до швидкості світла. Їх маса така мала, що вони залишаються релятивістськими навіть за невисокої температури Всесвіту, починаючи з декількох сотень градусів Кельвіна.

Як показують розрахунки, маса таких частинок повинна бути меншою за 100 еВ. Це означає, що вони принаймні в 5000 разів легші за електрон. Підходящим кандидатом на цю роль є нейтрино. З часів свого відкриття в 50-х роках минулого століття, нейтрино вважалося безмасовим. Але минув час, сім'я нейтрино виросла (їх тепер три види) і «набула ваги» – нещодавно було доведено, що принаймні один із трьох сортів нейтрино має ненульову масу. І, нарешті, воно дійсно вкрай слабо взаємодіє з іншими частинками.

Концентрація нейтрино в космосі становить приблизно 400 частинок в 1 куб. см, і вони цілком могли б відігравати роль темної матерії. На жаль, модель гарячої темної матерії стикається з труднощами під час пояснення того, як хмари таких нейтрино стискаються в більш щільні об'єкти. Усе, що швидко рухається, до купи збирається погано.

Але гаряча темна матерія, схоже, тупиковий варіант. Якби частки рухалися так швидко, то більшість їх могла б і покинути гравітаційне тяжіння галактик. Замість цього, темна матерія утворює гарний сферичний ореол навколо кожної галактики – що означає, швидше, її холодну властивість.

Фізичною відмінністю між *HDM* і *CDM* є маса. Якщо темна матерія складається з частинок малої маси, їх було б легше прискорити, і оскільки ці частинки слабо взаємодіють із іншими частками, їх було б дуже важко уповільнити, такою є релятивістська швидкість *HDM*. *CDM*, однак, повинна складатися з більш масивних частинок, оскільки їх не так легко прискорити.

Під «холодною» розуміються такі частинки, які рухаються з нерелятивістськими швидкостями. У розпорядженні фізиків є кілька таких частинок-кандидатів, але всі вони мають спільну ваду – існують лише в теорії.

Можливо, це нейтраліно – частинка з масою 30-5000 ГеВ, яка поки не доведена, але вважається фізиками цілком можливою. А може бути, це аксіон – частинка з надзвичайно малою масою і дуже слабкою взаємодією.

Існують і більш екзотичні варіанти. Наприклад, якщо існує компактний додатковий простір, то його коливання ми будемо сприймати як якісь дуже масивні частинки.

На сьогодні найкращим кандидатом на роль цієї частинки вважається *WIMPs* – це гіпотетичні частинки, які практично не взаємодіють зі звичною нам матерією. Лише гравітація видає їх присутність.

WIMPs – це частинки особливого виду, які практично не взаємодіють із іншими, звичайними частинками, і, зокрема, не випромінюють фотонів. Через це вони не збираються в компактні об'єкти, незважаючи на гравітаційне тяжіння. На думку фізиків, їх сумарна маса і є якраз та сама темна матерія.

Якщо ці частинки існують, то вони заповнюють усю нашу галактику і безперервно пронизують Землю. Від звичайних частинок, що прилітають із космосу, нас рятує атмосфера, яка поглинає навіть найбільш енергійних представників. Але *WIMPs* не взаємодіють зі звичайною матерією і, отже, не затримуються атмосферою! Кожну секунду нас пронизує приблизно 10^{14} цих частинок, якщо, звичайно, вони існують. На щастя, ці частки не стикаються з молекулами нашого тіла з тієї самої причини, що й з молекулами атмосфери, так що ми їх просто не помічаємо. Вони пролітають крізь нас, не залишаючи ніякого сліду.

З точки зору фізики елементарних частинок, холодна Темна Матерія, найімовірніше, повинна складатися зі слабковзаємодіючих масивних частинок. У межах сучасних теоретичних моделей *SUSY* існує кілька кандидатів, які підходять на роль *CDM*, серед яких – нейтраліно, аксіон, аксіно, гравітіно, вімпзілло і т. д.

Мабуть, найбільш перспективні нейтраліно, стабільні частинки з масою нижчою від декількох TeV , існування яких передбачається в моделях Суперсиметрії. Як інший, найбільш ймовірний претендент, розглядається також аксіон з масами від 10^{-3} до 10^{-6} eV .

Кандидатуру важких (правих) нейтрино з масами порядку GeV було відхилено під час прискорювальних експериментів. Легкі (ліві) нейтрино – єдині з претендентів на роль Темної Матерії частинки, про які відомо, що вони реально існують у природі. Проте вони не можуть становити основну масу Темної Матерії, тому що, як відомо з результатів експериментів щодо реєстрації сонячних і атмосферних нейтрино, їх маса повинна бути дуже маленькою.

Надія виявити *WIMPs* заснована на тому, що, можливо, вони хоч і слабо, але все-таки взаємодіють зі звичайними частинками. Нехай імовірність зіткнення вкрай мала, але якщо зібрати багато звичайних частинок разом, то, можливо, з ким-небудь ця невловима *WIMPs* усе ж таки здійснить певну взаємодію. Адже їх повинно бути дуже багато, і якщо зачекати, то зіткнення станеться! Переважна більшість цих частинок пролетить непоміченими не тільки крізь матеріал детектора, а й крізь Землю, але окремі *WIMPs* усе-таки зіткнуться з атомами матеріалу-мішені.

Пошуки невидимого завжди представляли собою надзвичайно важку, але цікаву задачу. Експериментальне відкриття Темної Матерії дасть змогу

не тільки розкрити чергову таємницю Природи, але також забезпечить нас новими знаннями в галузі фізики частинок за межами Стандартної Моделі електрослабкої взаємодії. У нинішнього покоління вчених є обґрунтовані надії на те, що, якщо основна частина Темної Матерії складається з *WIMP*-нейтраліно, їх вдасться надійно зареєструвати вже наприкінці нашого десятиліття.

З планованих експериментів, які в недалекому майбутньому можуть перекрити області значень для мас і перетинів, що спрогнозовані в теоретичних моделях для різного роду часток Темної Матерії, можна відзначити *GENIUS* (новий проект на основі колаборації «Гейдельберг-Москва») з планованою масою германієвих детекторів до 1 т., *CDMS-II* (США, підземна лабораторія Соудан) і *EDELWEISS-III* (Франція, підземна лабораторія Модан) з низькотемпературними германієвими детекторами з масами порядку 1 кг при подвійній реєстрації іонізаційного і теплового (фононного) сигналів.

Якщо ж темний простір Всесвіту населяють ще більш неловимі частинки (аксіно, гравітіно і т. п.), то впоратися з цим завданням належить новому поколінню фізиків у більш далекому майбутньому.

Висновки. Таким чином, формування уявлень про існування темної матерії суттєво розширить уявлення людства в розумінні сутності будови Всесвіту. Нині можна стверджувати, що людство стоїть на порозі новітньої наукової революції у фізиці, космофізиці та космології. І такий стан притаманний і багатьом іншим науковим напрямкам. Ми стоїмо на порозі формування абсолютно нової фізики, яка буде здатна описати структуру універсаму [2; 3].

Періоди трансформацій та революцій в науці відбувалися впродовж усієї історії людства. Вони спричинювали переходи розвитку науки на якісно новий рівень, що, у свою чергу, трансформувало світогляд людини та її розуміння навколишнього світу.

Список літератури

1. Горбатюк Т. В. Формування нової парадигми світоосягнення в сучасній фундаментальній науці / Т. В. Горбатюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Гуманітарні студії». – 2014. – № 203 (1). – С. 109–116.
2. Горбатюк Т. В. Перспективи формування «нової фізики» за межами Стандартної моделі: філософсько-світоглядний аспект / Т. В. Горбатюк // Гілея : науковий вісник : зб. наукових праць. – 2013. – Вип. 70 (3). – С. 325–329.
3. Данилова Т. В. Проблема людської ідентичності у постмодерній картині світу / Т. В. Данилова // Антропологічні виміри філософських досліджень. – Дніпропетровськ, 2012. – № 2. – С. 16–22.
4. Danylova T. Eastern spiritual traditions through the lens of modern scientific worldview / T. Danylova // Антропологічні виміри філософських досліджень. – Дніпропетровськ, 2014. – № 5. – С. 95–102.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : en.wikipedia.org/wiki/BOOMERanG_experiment
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : en.wikipedia.org/wiki/Massive_compact_halo_object

7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [en.wikipedia.org/wiki/Weakly _interacting_massive_particles](http://en.wikipedia.org/wiki/Weakly_interacting_massive_particles)

ПОНЯТИЕ «ТЕМНОЙ МАТЕРИИ» В СОВРЕМЕННОМ НАУЧНОМ ДИСКУРСЕ

Т. В. Горбатюк

Аннотация. Проанализированы становление и развитие понятия «темной материи» в современном научном дискурсе. Рассмотрены возможные претенденты на роль «темной материи».

Ключевые слова: темная материя, горячая темная материя, холодная темная материя, MACHOs, WIMPs.

THE CONCEPT OF DARK MATTER IN CONTEMPORARY SCIENTIFIC DISCOURS

T. Gorbatiuk

Annotation. This paper is focused on the emergence and development of the concept of dark mater in the modern scientific discourse. The author carried out a brief survey on dark matter candidate.

Key words: dark matter, hot dark matter, cold dark matter, MACHOs, WIMPs.

УДК 330.88

КОНЦЕПЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УКЛАДІВ: ФІЛОСОФСЬКО-СВІТОГЛЯДНИЙ АНАЛІЗ

***А. Ю. Самарський, кандидат філософських наук
a.samarskyi@gmail.com***

Анотація. Запропоновано аналіз концепції технологічних укладів, яка набула популярності в останнє десятиліття завдяки розвитку NBIC-технологій, наслідкам їх впровадження та через світову економічну кризу. Досліджено правомірність ствердження переходу до шостого технологічного укладу в межах даної концепції. Одержані результати висвітлюють недоліки концепції, що аналізується.

Ключові слова: технологічний уклад, кондратьєвські хвилі, криза, економіка.

У період суспільно-економічних криз актуалізується критика вад ринкової економіки, й інтелектуали багатьох країн зазначають необхідність їх

© А. Ю. Самарський, 2015