

-
22. Урядовий кур'єр. — 1999. — 24 лютого.
23. З роздумів В.Броннікова — колишнього директора ЗАЕС // Рабоча газета. — 1998. — 25 листопада.
24. Вечірній Київ. — 1998. — 22 травня; День. — 1998. — 3 червня.
25. «Полураспад Чернобыля» [Передрук з московської «Общей газеты» з коментарем В.Щербини] // «Телепень», Славутич. — 2001. — № 19.

Одержано 27.05.2011

Н.П.Барановская

Общественный аспект проблем атомной энергетики через призму событий на Чернобыльской АЭС (К 25-й годовщине аварии)

В статье на примере предаварийных и послеварийных событий на Чернобыльской АЭС обобщены проблемы атомной энергетики, делающие ее опасной для окружающей среды и общества, а именно проблемы несовершенства проектов новых АЭС и конструкции их реакторов, ядерной и радиационной безопасности, выбора площадки для строительства и его качества, кадрового обеспечения, обращения с накопленными и будущими радиоактивными отходами. Показана лишь незначительную часть последствий Чернобыльской катастрофы, которые становятся типичными в свете событий на АЭС Японии.

О.Ю.Колтачихіна

Ж.Леметр та його теорія Великого вибуху (до 80-річчя створення)

Вперше в українській науковій літературі розкрито біографію та науковий доробок бельгійського космолога, автора теорії Первинного атома Жоржа Леметра (1894—1966). Детально розглянуто праці А.Ейнштейна, В. де Сіттера, О.О.Фрідмана, Ж.Леметра та показано передумови створення теорії Великого вибуху. Проаналізовано роботи К.Віртца, К.Лундмарка, Е.Хаббла, Ж.Леметра та висвітлено пріоритет останнього в ідентифікації явища розбігу галактик з розширенням Всесвіту. Показано внесок Ж.Леметра в космологію. Зокрема, він отримав лінійний зв'язок між швидкістю розбігу галактик та відстанню до них (нині — закон Хаббла), передбачив ненульову космологічну сталу (підтверджено в 1998 р.), дав прообраз гамівського передбачення реліктового випромінювання (виявлено в 1965 р.). Вперше перекладено статтю Ж.Леметра «Початок Всесвіту з точки зору квантової теорії» 1931 р. (додаток), в якій він запропонував теорію Первинного атома. Цією працею започатковано теорію Великого вибуху.

Жорж Леметр — бельгійський математик та космолог, релігійний діяч [1—4; 5, с.637; 6]. Народився 17 липня 1894 р. у м. Шарлеруа в Бельгії. Після навчання гуманітарним наукам в єзуїтській школі Коллеж де Сакр-Кур

(Шарлеруа) Ж. Леметр у віці 17 років вступив до світської інженерної школи Католицького університету Лувену. У 1914 р. з початком першої світової війни він перервав навчання і пішов добровольцем у бельгійську армію. За

участь у бойових діях Ж.Леметра було нагороджено воєнним хрестом. Після війни він продовжив навчання в галузі фізики та математики і почав готуватися до прийняття священства. У 1920 р. отримав ступінь доктора з математики за дисертацію «Апроксимація функцій декількох дійсних змінних», яку написав під керівництвом бельгійського математика Ш. де Валлі-Пуссіна. У 1923 р. Ж. Леметр вступив до аспірантури з астрономії Кембриджського університету, де пробув рік у Домі св. Едмунда (нині Коледж св. Едмунда). У Кембриджі Ж. Леметр вивчив загальну теорію відносності Ейнштейна, працював разом з А. Еддінгтоном, який «ввів» його до космології, зоряної астрономії та чисельного аналізу. Наступний рік Ж.Леметр провів в обсерваторії Гарвард-коледжу в Кембриджі у Х. Шеплі та Массачусетському технологічному інституті, де отримав ступінь доктора наук з фізики [7]. У 1925 р. Ж. Леметр повернувся до Бельгії вже сформованим ученим і зайняв посаду лектора Католицького університету Лувену.

Космологічні дослідження Ж. Леметра із самого початку були орієнтовані на фізичну реальність, зв'язок з астрономічними даними та нещодавно створену загальну теорію відносності Ейнштейна. У теорії Ейнштейна рух відбувається у викривленому просторі-часі по так званій геодезичній лінії. Встановленням загальноковаріантних рівнянь тяжіння

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}$$

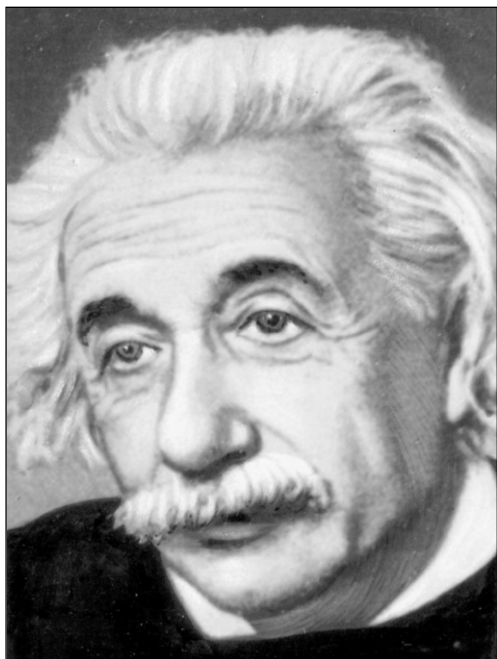
А.Ейнштейн визначив геометрію простору—часу. Рівняння Ейнштейна показує зв'язок між метричним тензором, який характеризує геометрію простору-часу, з величинами, що ха-



Ж. Леметр

рактеризують матерію. Загальна теорія відносності об'єднала теорію простору і часу з теорією тяжіння. Для перевірки теорії А. Ейнштейн запропонував три ефекти: викривлення світлового променя в полі тяжіння Сонця, зміщення з часом перигелію Меркурія та гравітаційне червоне зміщення. Згодом всі три ефекти було підтверджено експериментально [8, т.1, с. 452—504].

У 1917 р. А. Ейнштейн, застосувавши загальну теорію відносності до Всесвіту як цілого, запропонував першу релятивістську модель Всесвіту, започаткувавши тим самим релятивістську космологію. У статті «Про принцип відносності та його наслідки» [8, т.1, с.601—611; 9] А.Ейнштейн дійшов висновку, що «*ньютонівський Всесвіт взагалі не міг би існувати*», і модифікував теорію Ньютона, створивши свою модель Всесвіту. Будуючи космологічну модель Всесвіту, що ґрунтувалася на загальній теорії відносності, А. Ейнштейн також розглянув деякі існуючі



А. Ейнштейн

загальні точки зору на Всесвіт. Насамперед він дотримувався того, що структура Всесвіту повинна бути максимально простою, зокрема вважав, що Всесвіт як єдине ціле повинен бути однорідним (розподіл речовини в ньому скрізь однаковий за густиною). *«Якщо говорити про структуру простору в цілому, то ми можемо уявити матерію нібито рівномірно розподіленою по дуже великій області простору... Уданому випадку ми робимо так, як геодезисти, які дуже складну в деталях поверхню Землі замінюють приблизно еліпсоїдом»*, — писав він [8, т.1, с.608]. Простір, в якому вся речовина розподілена рівномірно, має бути однорідним, тобто скрізь однаковим за своїми геометричними властивостями. А.Ейнштейн водночас вважав, що разом з однорідністю світу існує його ізотропія, тобто рівноправність усіх напрямків у просторі. Необхідно зазначити, що А.Ейнштейн у наведеній праці запропонував гіпоте-

зу, за якою в світі поряд із звичайною речовиною, частинки якої взаємно притягуються, існує інше середовище, яке створює не притягання, а антипритягання. Математично це виражається введенням у рівняння загальної теорії відносності Λ -члена (космологічної сталої), внаслідок чого рівняння набуло вигляду:

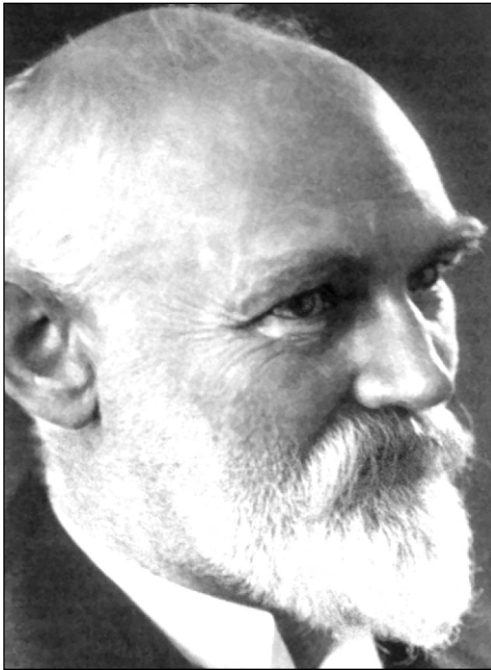
$$R_k - \frac{1}{2} g_k R - \Lambda_{gik} = \frac{8\pi G}{c^4} T_k .$$

Це середовище впливає на звичайну речовину і здатне компенсувати взаємне притягання його частинок.

Всесвіт Ейнштейна являє собою тривимірний сферичний простір зі сталою позитивною кривиною і скінченим об'ємом: *«Світовий континуум повинен у відношенні до своїх просторових розмірів розглядатися як замкнений континуум, що має скінчений просторовий (тривимірний) об'єм»*, — писав він [8, т.1, с.605]. Його Всесвіт стаціонарний, незмінний і нескінченний у часі. Він може містити матерію, що розподілена однорідно і зі скінченим значенням густини.

Принципово нова постановка і розв'язання космологічної проблеми в рамках загальної теорії відносності А.Ейнштейном зробили революційний переворот в уявленнях про Всесвіт. Його теорія повністю використовує фундаментальну ідею відносності всіх видів руху. Це приводить до розгляду фізичних законів у довільних системах просторово-часових координат і до форми цих законів, що не залежить від конкретного вибору цих координат; а також включає в розгляд ефект гравітаційної взаємодії.

Загальна теорія відносності Ейнштейна викликала гостру полеміку в науковому світі. Початок їй поклав В. де Сіттер, який у тому ж 1917 р. запропонував свою космологічну модель



В. де Сіттер

Всесвіту [10]. Його модель, як і модель Ейнштейна, задовольняла загальну теорію відносності. У ній простір був скінченим, мав позитивну кривину при середній густині, що дорівнювала нулю. Властивості простору в ній не змінюються з часом, але галактики розбігаються під дією додаткових космологічних сил. Всесвіт де Сіттера — однорідний та ізотропний і з будь-якої точки «виглядає» однаково. Простір-час визначається як чотиривимірна поверхня в п'ятивимірному просторі й геометрія Всесвіту де Сіттера розглядається на сфері, зануреній у п'ятивимірний евклідовий простір. Метагалактика де Сіттера повинна бути абсолютно порожньою, тобто не містити речовини або випромінювання.

У 1918 р. А. Ейнштейн розкритикував модель де Сіттера: *«Якби розв'язок де Сіттера був би справедливим скрізь, то тим самим було б показано, що запровадження « Λ -члена» не досягає окресленої*

мною мети, — зазначив А. Ейнштейн. — Річ у тому, що, на мою думку, загальна теорія відносності тільки в тому випадку являє собою задовільну схему, коли на її основі фізичні властивості простору повністю визначаються тільки матерією. Таким чином, жодне поле, тобто жодний просторово-часовий континуум, не може існувати без матерії, що його породжує» [8, т.1, с.648].

Першим, кому вдалося на основі рівнянь Ейнштейна одержати принципово нові висновки про структуру Всесвіту, був О.О.Фрідман. Його дослідження показали, що рівняння загальної теорії відносності Ейнштейна не дають однозначної моделі Всесвіту незалежно від значення космологічної сталої, й відкрили можливість існування нестационарного Всесвіту. У статті 1922 р. «Про кривину простору» він знайшов новий космологічний розв'язок рівнянь загальної теорії відносності й показав, що Всесвіт може бути нестационарним [11]. Для випадку нестационарного Всесвіту О.О.Фрідман проаналізував три можливі варіанти: монотонний світ першого роду (радіус кривини в початковий момент дорівнює нулю), та монотонний світ другого роду (радіус кривини в початковий момент не дорівнює нулю), для цих двох випадків радіус кривини — це функція, зростаюча в залежності від часу; третій випадок — періодичний світ (радіус кривини — періодична функція). Наприкінці статті О.О.Фрідман зазначив: *«Дані, які ми маємо, недостатні для вирішення питання про те, яким світом є наш Всесвіт»* [11, с. 386].

У 1924 р. О.О. Фрідман опублікував другу статтю — «Про можливість світу зі сталою від'ємною кривиною простору», де навів два розв'язки рівнянь Ейнштейна, кожне з яких залежить від середньої густини матерії у Всесвіті [12]. Якщо се-



О.О. Фрідман

редня густина менша або дорівнює деякій величині, то остання може бути як нескінченною, так і скінченною, але розширення її буде тривати постійно. Якщо середня густина більша за цю величину, то обов'язково одержимо замкнений Всесвіт, причому сили гравітації в цьому випадку повинні зрештою зупинити розширення Всесвіту і він почне стискатися. Спектр розв'язків, отриманих О.О.Фрідманом, включав як стаціонарний випадок, так і нестаціонарний, що відповідає зміні в часі радіуса кривини простору. Для світу з від'ємною стаціонарною кривиною простору він знайшов нові розв'язки, які відповідали «нульовій або від'ємній густині речовини».

А. Ейнштейн спочатку не визнав результатів О.О. Фрідмана: *«Результати відносно нестаціонарного світу, що наведені в згаданій праці, для мене підозрілі. У дійсності виявляється, що вказаний в ній розв'язок не задовольняє рів-*

нянням поля ..., значення цієї статті в тому і є, що вона доводить цю сталість [радіуса світу в часі]» [8, т.2, с.118]. Лише після того як Ю.О.Крутков передав А.Ейнштейну листа від О.О. Фрідмана з роз'ясненням викладок, А.Ейнштейн погодився з його результатами: *«Я вважаю результати Фрідмана правильними, що проливають нове світло. Виявляється, що рівняння поля допускають як статичні, так і динамічні (тобто змінні відносно часу) розв'язки для структури простору»* [8, т.2, с. 119].

У такій ситуації в загальній теорії відносності та космології почав працювати Ж.Леметр. У 1925 р. вийшла його стаття, присвячена вивченню статичної космологічної моделі В. де Сіттера [13]. Тут побудовано математичну теорію, яка описує світ де Сіттера в системі відліку, що спирається на внесені в нього пробні частинки. «Спостережуваний» з цієї системи світ де Сіттера розширюється. Це проявляється в тому, що відстані, виміряні в цій системі відліку, зростають з часом. Відстань збільшується відповідно до закону збільшення відстані між частинками, що віддаляються одна від одної. За Леметром

$$R(t) \sim ch \frac{t - t_0}{T_0},$$

де $R(t)$ — масштабний фактор, пропорційно до якого змінюються всі відстані; t_0 и T_0 — деякі константи [13, р. 188].

У леметрівській системі відліку метричний тензор залежить від часу. Але це не означає, що модель де Сіттера повинна бути нестатичною, оскільки властивість статичності або нестатичності в космологічній моделі визначається правилом: якщо існує хоча б одна система відліку, в якій метричний тензор не залежить від часу, модель є ста-

тичною. У своїй статті Ж.Леметр показав, що світ де Сіттера нестатичний та математично описав його властивості. Але при цьому він відхиляє даний варіант космологічної моделі на основі вимоги про скінченність світу. У цій праці Ж.Леметр використовує два поняття сучасної космології — «нестаціонарність Всесвіту» та «віддалення спіральних галактик».

У 1927 р. в статті «Однорідний Всесвіт сталої маси і зростаючого радіусу, який пояснює радіальні швидкості позагалактичних туманностей» Ж.Леметр висунув ідею розширення Всесвіту [14, 15]. Згідно з нею космологічна стала повинна бути дещо більшою за те значення, при якому Всесвіт перебуває в стаціонарному стані. У цій моделі масштабний фактор зростає від нуля необмежено, але протягом деякого часу його значення змінюється несуттєво, тобто відбувається ніби «застигання». У статті Ж.Леметр розвинув власну лінію досліджень, але тепер аналізує не світ де Сіттера, а світ Ейнштейна: «*Бажано знайти проміжний розв'язок, який би поєднав переваги обох розв'язків... розглянути Всесвіт Ейнштейна, в якому радіус простору або радіус Всесвіту міг би змінюватися довільним чином*», — писав він [15, с. 483]. У результаті Ж.Леметр отримав такі рівняння для еволюції радіуса світу, як і російський фізик і математик О.О.Фрідман у статті 1922 р., але на той час праці останнього були йому невідомі. Про них він дізнався від А.Ейнштейна і вже в перекладі своєї статті на англійську в 1931 р. робить посилання на статтю О.О.Фрідмана.

Свій вибір Ж.Леметр зупинив на моделі, в якій початковий стан — це світ Ейнштейна, а кінцевий — світ де Сіттера, обґрунтовуючи свій вибір тим, що інші космологічні моделі повинні бути відхилені, оскільки дають коротку

часову шкалу космічної еволюції [15, с. 489]. У цій праці розвинуто новий підхід до космології: вперше доведено, що не зорі, а галактики є основними структурними елементами Всесвіту. Галактики, ніби молекули, які складають розріджений газ, що рівномірно заповнює весь фізичний об'єм Всесвіту. Цього не було ні у А.Ейнштейна, ні у О.О. Фрідмана. Їх моделі мали таку характеристику світу, як середня густина речовини, що розглядалася у вигляді суцільного середовища. Із чого воно складається, в якому фізичному стані перебуває, чим визначається його густина — все це до праці Ж.Леметра було не зрозумілим.

У висновках до своєї роботи Ж.Леметр зазначив: маса Всесвіту незмінна і пов'язана з космологічною

сталою співвідношенням: $\sqrt{\Lambda} = \frac{2\pi^2}{kM}$

[15, с. 59]; радіус Всесвіту необмежено збільшується від асимптотичного значення R_0 ; швидкості позагалактичних туманностей, що віддаляються, зумовлені космологічним наслідком розширення Всесвіту. Однак висновки Ж.Леметра на той момент не були сприйняті науковою спільнотою. Його стаття була надрукована в «Аналах Наукового товариства Брюсселя», а цей журнал не читали за межами Бельгії. До того ж тоді А.Ейнштейн був упевнений у статичності Всесвіту і висловив своє скептичне ставлення до статті Ж. Леметра: «*Ваші підрахунки правильні, але розуміння фізики неприйнятне*» [3]. Розширення Всесвіту стало загально сприйнятим вченими лише після виходу статті Е.Хаббла 1929 р. [16, 17]. У ній він показав лінійну залежність між променевими швидкостями галактик і відстанями до них. Але слід зазначити, що в 1918—1925 рр. К. Віртц

і в 1920—1925 рр. К.Лундмарк відмітили зростання червоного зміщення зі збільшенням відстані до спостережуваних галактик, що можна тлумачити як їх розбіг [5]. Віддалення галактик виявляє себе в червоному зміщенні лінії в їх спектрах (зсув ліній в бік червоного краю спектра). Природна інтерпретація цього явища — ефект Допплера, тобто зміна довжини хвилі при відносному русі джерела та приймача. Якщо джерело та приймач зближуються, то довжини хвиль скорочуються; якщо вони віддаляються одне від одного, то довжини хвиль збільшуються. Зміна довжини хвилі тим більша, чим більше відносна швидкість руху.

Але на той момент Е. Хаббл не пов'язував червоне зміщення з розширенням Всесвіту. Це зробив у 1927 р. Ж. Леметр [14].



Е. Хаббл

Крім того, в статті 1927 р. Ж.Леметр отримав лінійний зв'язок між швидкістю та відстанню, відомий нині як закон Хаббла: «Якщо джерело світла міститься достатньо близько, ми отри-

маємо формулу: $\frac{v}{c} = \frac{R'}{R} r$, де r — від-

стань до джерела» [15, с. 55].

В. де Сіттер про теорію розширення Леметра писав: «Твердження, що Всесвіт може бути статичним, але повинен перебувати в неперервній еволюції, може бути скептично сприйняте деякими з нас. Але той факт, що еволюція виявилася необхідною і була описана математично, а також і те, що за допомогою цієї нової теорії явно суперечливі дані спостережень були узгоджені та пояснені, роблять її одним з найважливіших останніх досягнень» [18, с. 30].

Таким чином, можливість космологічного розширення теоретично була описана у 20-ті роки ХХ ст. О.О. Фрідманом та Ж.Леметром. Докладно їх праці з розширення Всесвіту проаналізовано в публікації [19].

У 1931 р. вийшла невеличка публікація Ж. Леметра «Початок Всесвіту з точки зору квантової теорії» [20], якою започатковано теорію Великого вибуху. У ній початковий стан Всесвіту вже не описується моделлю Ейнштейна, як у попередній праці, а являє собою космологічну сингулярність. Еволюція Всесвіту починається з моменту, коли вся маса простору сконцентрована в Первинному атомі. Тут Ж. Леметр писав: «Ми могли б уявити собі початок Всесвіту у вигляді єдиного атому, атомна вага якого дорівнює загальній масі Всесвіту. Вкрай нестабільний атом розділвся б на все менші й менші атоми під дією свого роду надрадіоактивного процесу» [20].

Це припущення зустріло скептичну реакцію з боку вчених того часу, оскільки

ки воно нагадувало християнський догмат творіння і його неможливо перевірити з фізичної точки зору. Важко було повірити у слова Ж. Леметра: «початок світу відбувся незадовго до початку часу і простору» [20]. Лише через два роки в 1933 р., коли Ж. Леметр зустрівся з А.Ейнштейном і деталізував свою теорію, А.Ейнштейн висловився так: «*Це найбільш задовільне пояснення творення, яке я міг чути*» [3, с. 19]. Наприкінці статті дано переклад цієї праці Ж. Леметра 1931 р. Пізніше у 1946—1948 рр. Г. Гамов розвинув ідеї Леметра у своїй моделі гарячого Всесвіту [21]. Нині ми можемо сказати, що в статті Ж.Леметра є багато помилкових моментів і його праця має більше історичний інтерес. Але Ж. Леметр перший, хто наважився показати момент народження Всесвіту, використовуючи при цьому фізику (особливо термодинаміку та квантову теорію) і залишаючись повністю осторонь від будь-яких філософських і теологічних уподобань.

Нині космологія дуже тісно пов'язана з фізикою елементарних частинок, широко використовує її основні теорії і закони. Як пише Ю.О. Храмов: «... одним із значних досягнень науки кінця ХХ ст. є саме синтез фізики елементарних частинок і космології, завдяки якому з космологічних даних вдається одержувати важливі для теорії елементарних частинок відомості, водночас космологія висуває перед нею нові завдання та є свого роду лабораторією для перевірки «на життя» різних моделей Великого об'єднання» [5, с.321]. Нині різноманітність атомних ядер не пояснюється розпадом суператому (або первинного атому, як писав Ж. Леметр). Згідно із сучасними уявленнями, спостережуваний нині Всесвіт виник 13,7 млрд. років тому з початкового «сингулярного» стану і з того часу розширюється та охо-

люджується. Найбільш раннім моментом, що описується в еволюції Всесвіту, нині вважається момент Планківської епохи з температурою приблизно 1032 К та густиною 1093 г/см³. Ранній Всесвіт являв собою однорідне та ізотропне середовище з великими значеннями густини енергії, температури та тиску. У Планківську епоху гравітація відділялася від інших полів. Наприкінці епохи Великого об'єднання (10⁻⁴³ та 10⁻³⁶ с) в стані Всесвіту відбувся фазовий перехід, що привів до наступної інфляційної епохи — періоду надзвичайно швидкого експоненціального розширення. Впродовж цього проміжку Всесвіт розширився принаймні в 10²⁶ разів. Після інфляції (приблизно 10⁻³⁴ с) він склався із кварк-глюонної плазми. Десь в проміжку часу до 10⁻³¹ с відбулося порушення симетрії, внаслідок чого в світі навколо нас більше частинок, ніж античастинок. У час приблизно 10⁻⁶ с в охолодженій при розширенні кварк-глюонній плазмі почали утворюватися баріони — протони та нейтрони. Енергії цих частинок вже не вистачало для народження пар, а тому почалася масова анігіляція: вціліла тільки одна частинка на 10¹⁰, античастинки зникли зовсім. Через кілька хвилин після вибуху розпочався первинний нуклеосинтез з утворенням більш важких багатонуклонних ядер. Нейтральні атоми стали утворюватися приблизно через 400 тис. років. Цей процес супроводжувався виникненням реліктового випромінювання, оскільки в плазмі електромагнітне поле невідривно пов'язане із зарядженими частинками, а при утворенні нейтральних частинок воно вивільнюється. Поступово в однорідному газі нейтральної речовини почали утворюватися газові туманності, а ще пізніше зорі [22].

Ж.Леметр був першим, хто чітко сформулював ідею народження Всесвіту

з «точки» — первинного атома — внаслідок Великого вибуху. Назву теорії «Великий вибух» дав у своєму виступі її противник Фред Хойл («big bang» — так Ф.Хойл охарактеризував гіпотезу Леметра) [3].

На противагу А.Ейнштейну Ж. Леметр не заперечував наявність космологічної сталої в рівняннях Ейнштейна. Він вважав, що її фундаментальне значення буде пояснено згодом за допомогою квантової теорії. Справді, в 1998 р. двома групами вчених, що вивчали наднові зорі, практично одночасно було відкрито прискорене розширення Всесвіту, яке припускає в найпростішому випадку пояснення ненульової космологічної сталої. Ця теорія експериментально підтверджена із супутника WMAP, а величина космологічної сталої відповідає енергії вакууму $\Lambda = 5,98 \cdot 10^{-10}$ Дж/м³ [23, 24]. Нині відомо, що темна енергія є тим фактором, який забезпечує прискорене розширення Всесвіту та описується Λ — космологічною сталою в рівняннях загальної теорії відносності.

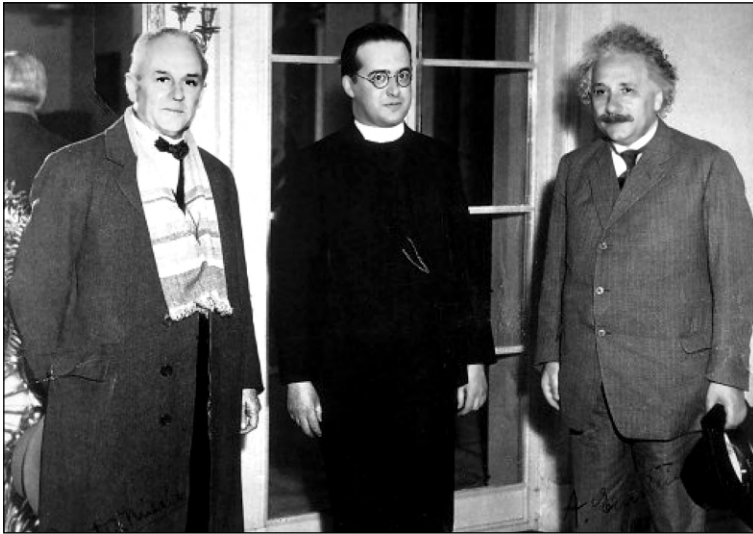
Дискусії Ж. Леметра та А. Ейнштейна були дуже продуктивними. Як зазначається на сайті архіву Ж. Леметра [1], після однієї з таких дискусій Ж. Леметр намагався показати, що початкова сингулярність не може бути усунена. Таким чином, його розробки були передбаченням відомої сьогодні теореми Хокінга—Пенроуза [25].

У 1933 р., після детального оприлюднення своєї теорії Першоатому (нині відомої як теорія Великого вибуху), вчений досяг піку слави. 17 березня 1934 р. Ж. Леметр отримав від короля Леопольда III Франкську премію — вищу наукову нагороду Бельгії. У 1936 р. вченого обрали членом Понтифікальної академії наук, президентом якої він став у 1960 р. і залишався до своєї смерті.

У 1941 р. Ж. Леметр був обраний членом Королівської академії наук і мистецтв Бельгії. У 1953 р. він першим був відзначений медаллю Едінгтона. У 1960 р. вчений отримав від Папи Іоанна XXIII почесний титул прелата.

Протягом 1950-х років Ж. Леметр поступово залишає викладацьку діяльність, повністю завершивши її у 1964 р. заслуженим професором. Наприкінці свого життя він все більше приділяв увагу чисельному аналізу. Ж. Леметр був прекрасним математиком, він використовував найпотужніші обчислювальні прилади свого часу. У 1958 р. він запровадив в університеті перший електронний комп'ютер. До кінця життя він зберіг інтерес до розвитку комп'ютерної техніки, а також до проблем комп'ютерних мов та програмування. Ж. Леметр помер 20 червня 1966 р. Незадовго до смерті він дізнався про відкриття космічного мікрохвильового випромінювання, яке стало підтвердженням його теорії народження Всесвіту.

На жаль, Ж. Леметр маловідомий у країнах колишнього Радянського Союзу. Його єдина публікація, перекладена на російську, вийшла в світ 1935 р. [26]. Це був переклад його доповіді на засіданні Французького астрономічного товариства 5 грудня 1934 р. Ж. Леметр проаналізував три можливі сценарії розширення Всесвіту, пов'язуючи їх з віком останнього. Якщо припустити, що швидкість розширення світу завжди була незмінною, то отримуємо два мільярда років для його віку. «*Це достатньо для Землі, але недостатньо для зір*», — зазначав Ж. Леметр [26, с. 232]. Згідно з другим розв'язком, розширенню Всесвіту могло передувати стиснення: «*Всесвіт колись стискався; декілька мільярдів років тому він почав знову збільшуватися*» [26, с. 232]. Але



**Р.Міллікен, Ж.Леметр та А.Ейнштейн.
США, Каліфорнія, Пасадена, 10 січня 1933 р.**

й цей сценарій призводить до абсурду. Третя альтернатива полягала в тому, що існувало два періоди розширення, які були розділені періодом уповільнення. На погляд Ж. Леметра, це найбільш задовільний сценарій: «Колись матерія складалася зі свого роду туманностей, свого роду дифузійної матерії, не сконденсованої в зорі, матерії, яка розширювалась, як і сучасний Всесвіт, але проти сили тяжіння. У деякий момент це розширення уповільнилося в результаті дії сили тяжіння. Швидкість у момент рівноваги була досить повільною, щоб окремі області сконденсувались. Ця конденсація привела до утворення з матерії зір і водночас дозволила туманностям втратити достатню кількість енергії, щоб скоротитися до розмірів, які ми спостерігаємо нині» [26, с. 235]. Ця ідея гравітаційної нестійкості у Всесвіті, що розширюється, розвивалась і узагальнювалась у подальшому в працях Г.Гамова, Е.Теллера, Є.М.Ліфшиця. Останній побудував повну теорію гравітаційної нестійкості, яка є підґрунтям для теорій утворення галактик.

У своїй доповіді Ж. Леметр також дав прообраз гамівського передбачення реліктового випромінювання: «*Ми можемо сподіватися знайти у Всесвіті експериментальні дані, які дозволяють нам відновити те, що відбувалося до утворення зір. Можливо, що такий документ про до астрономічну історію світу існує. Ним мо-*



**Титульна сторінка книги
«Гіпотеза першоатому» Ж. Леметра**

жуть бути космічні промені...вони могли би бути свідками явищ, які відбувались до утворення зір; вони могли би бути променями якого-небудь велетенського феєрверку, що мав місце в ту епоху, попелом якого є зорі та випромінювання, досягаюче нас у формі космічних променів... космічні промені — свідки дитячих років матерії» [26, с. 235—236]. Прообраз космічних променів Леметра відомий нині як реліктове випромінювання. У 1948 р. його передбачили Г. Гамов, Р. Альфер та Р. Херман на основі створеної ними в 1946—1948 рр. теорії гарячого Всесвіту [27], а у 1965 р. А. Пензіас та Р. Вільсон виявили експериментально реліктове випромінювання із температурою близько 3 К (Нобелівська премія з фізики 1973 р.) [28].

Ж. Леметр підвів підсумок у розробці своєї теорії Всесвіту в 1946 р. і опублікував книгу «Гіпотеза першоатому» [29]. Його прихильниками були А. Ейнштейн, Ш. де ля Валле-Пуссін і О. де Хемптінін.

Відомий космолог сучасності С. Хокінг пише: «Великий вибух можна вважати початком відліку часу в тому розумінні,

що більш ранні часи невизначені» [30, с.8]. Висловлюючись про Великий вибух на Сольвевівському конгресі 1957 р., Ж.Леметр підкреслив, що космологічна теорія, яка допускає сингулярний початковий стан Всесвіту, «залишається повністю осторонь від будь-яких метафізичних або релігійних питань. Вона залишає матеріалісту свободу заперечувати будь-яке трансцендентне Буття. Для людини віруючої це відводить будь-яку спробу ближчого знайомства з Богом..., що співзвучно з висловом Ісаї про скриптого Бога, скриптого навіть на початку творіння» [19, с. 158].

Авторка щиро вдячна доктору фізико-математичних наук, професору, зав. відділу історії науки і техніки ЦДПІН ім. Г.М. Доброва НАН України Ю.О.Храмову за ідею статті, увагу до роботи та її обговорення, а також кандидату фізико-математичних наук, старшому науковому співробітнику Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України В.В. Кузьмичову за допомогу в перекладі статті Ж.Леметра «Початок світу з точки зору квантової теорії».

1. Архів Ж. Леметра: <http://www.uclouvain.be/en-316446.html>.

2. The Faith and Reason of Father Georges Lemaitre: Preprint for Homiletic and Pastoral Review. — 2009, February. — 13 p.

3. Midbon M. 'A Day Without Yesterday': Georges Lemaitre & the Big Bang / M.Midbon // Commonweal. — 2000. — March, 24. — P. 18—19.

4. Menzel D.H. Blast of Giant Atom Created our Universe / D.H. Menzel // Popular Science. — 1932. — December. — P.28—29, 105.

5. Храмов Ю.А. История физики / Ю.А.Храмов. — К.: Феникс, 2006. — 1176 с.

6. Хеллер М. Жорж Леметр и становление космологии / М.Хеллер, А.Д.Чернин // Историко-астрономические исследования. — 1994. — Вып. 24. — С. 192—221.

7. Lemaitre G. The Gravitational Field in a Fluid Sphere of Uniform Invariant Density According, to the Theory of Relativity; Note on de Sitter Universe; Note on the Theory of Pulsating Stars: Ph.D. Thesis / G.Lemaitre. — Department of Physics, 1927.

8. Эйнштейн А. Собрание научных трудов: в 4 т. / А.Эйнштейн. — М.: Наука, 1965.

9. Einstein A. Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie / A.Einstein // Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. — 1917. — № 1. — S. 142—152.

10. de Sitter W. On Einstein's Theory of Gravitation, and its Astronomical Consequences / de Sitter W. // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 1917. — Vol. 78. — P. 3—28.

11. Friedman A. Über die Krümmung des Raumes / A.Friedman // Zeitschrift für Physik. — 1922. — Bd. 10. — S. 377—386.

12. Friedman A. Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes / A.Friedman // Zeitschrift für Physik. — 1924. — Bd. 21. — S. 326—332.
13. Lemaitre G. Note on de Sitter's Universe / G.Lemaitre // Journal of Mathematics and Physics. — 1925, May. — Vol. 4, № 3. — P. 188—192.
14. Lemaitre G.A. Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques / G.A. Lemaitre // Annales de la Société Scientifique de Bruxelles. — 1927. — Vol. 47A. — P. 49—59.
15. Lemaitre G.A. Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extra-galactic Nebulae / G.A. Lemaitre // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 1931. — Vol. 91. — P. 483—490.
16. Hubble E. A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-galactic Nebulae / E.Hubble // Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America. — 1929. — Vol. 15. — P. 168—173.
17. Новиков И.Д. Человек, открывший взрыв Вселенной / И.Д.Новиков, А.С.Шаров. — М.: Наука, 1989. — 208 с.
18. Де Ситтер В. Расширение Вселенной / Де Ситтер В. // Мирозведение. — 1933. — № 4. — С. 24—31.
19. Хеллер М. У истоков космологии: Фридман и Леметр / М.Хеллер, А.Д.Чернин. — М.: Знание, 1991. — 64 с.
20. Lemaitre G.A. The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory / G.A. Lemaitre // Nature. — 1931. — Vol. 127, № 3210. — P. 706.
21. Gamow G. Expanding Universe and the Origin of Elements / G.Gamow // Physical Review. — 1946. — Vol. 70. — P. 572—573.
22. Вайнберг С. Первые три минуты: современный взгляд на происхождение Вселенной / С.Вайнберг. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. — 272 с.
23. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant / A.Riess et al. // The Astronomical Journal. — 1998. — Vol. 116 (3). — P. 1009—1038 (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/9805201>).
24. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae / S. Perlmutter et al. // The Astrophysical Journal. — 1999. — Vol. 517 (2). — P. 565—586 (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/9812133>).
25. Hawking S.W. The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology / S.W.Hawking, R. Penrose // Proc. of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences. — 1970. — Vol. 314. — P. 529—548.
26. Лемэтр Г. Расширяющаяся Вселенная // Мирозведение. — 1935. — Т. 24, № 4. — С. 225—236.
27. Alpher R.A. The Origin of Chemical Elements / R.A.Alpher, H.Bethe, G.Gamov // The Physical Review. — 1948. — Vol. 73, № 7. — P. 803—804.
28. Penzias A.A. A Measurement of Excess Antenna at 4080 Mc/s / A.A.Penzias, R.W.Wilson // Astronomical Journal. — 1965. — Vol. 142, № 1. — P. 419—421.
29. Lemaitre G. L'Hypothèse de l'Atome Primitif. Essai de cosmogonie. Préface de Ferdinand Conseth (Les problèmes de la philosophie des sciences) / G.Lemaitre. — Neuchâtel, Editions du Griffon, 1946. — 203 p.
30. Хокинг С. Краткая история времени. От большого взрыва до черных дыр / С.Хокинг. — СПб.: Амфора, 2001. — 268 с.

Одержано 06.06.2011

О.Ю. Колтачихина

Ж.Лемэтр и его теория Большого взрыва (к 80-летию создания)

Впервые в украинской научной литературе раскрыты биография и научный вклад бельгийского космолога, автора идеи Первоатома Жоржа Лемэтра (1894—1966). Детально рассмотрены работы А.Эйнштейна,

В. де Ситтера, А.А. Фридмана, Ж. Лемэтра и показаны предпосылки создания теории Большого взрыва. Проанализированы работы К. Виртца, К. Лундмарка, Э. Хаббла, Ж. Лемэтра и освещен приоритет последнего в идентификации явления разбегания галактик с расширением Вселенной. Показан вклад Ж. Лемэтра в космологию. В частности, он получил линейную зависимость между скоростью разбегаания галактик и расстоянием до них (сегодня — закон Хаббла), предположил ненулевую космологическую постоянную (подтверждено в 1998 г.), дал прообраз гамовского предсказания реликтового излучения (выявлено в 1965 г.). Впервые переведена статья Ж. Лемэтра «Начало Вселенной с точки зрения квантовой теории» 1931 г. (приложение), в которой он предложил теорию Первоатома. Этой работой положено начало теории Большого взрыва.

Додаток

Ж. Леметр

Початок світу з точки зору квантової теорії*

Сер Артур Едінгтон стверджує, що з філософської точки зору поняття виникнення сучасного устрою Природи несумісне із самим її устроєм. Я скоріше за все схильний вважати, що нинішній стан квантової теорії наводить на думку, що початок світу надто відрізняється від сучасного устрою Природи. З точки зору квантової теорії, закони термодинаміки можна сформулювати так: повна енергія зосереджена в окремих квантах і кількість окремих квантів постійно зростає. Якщо ми рухатимемося назад у часі, то повинні отримувати все меншу і меншу кількість квантів, поки не одержимо всю енергію Всесвіту, зосереджену в кількох або навіть в одному кванті.

Тоді в атомних процесах поняття простору і часу є не більш як статистичні поняття і зникають при застосуванні до окремих явищ за значної кількості квантів. Якби світ почався з одного кванта, уявлення про простір і час взагалі не мали б жодного сенсу на початку; вони стали б змістовними, коли початковий квант було б розділено на достатню кількість квантів. Якщо це припущення правильне, то початок світу відбувся незадовго до початку часу і простору. Я вважаю, що такий початок світу дуже відрізняється від існуючого устрою Всесвіту і тому не може йому суперечити.

Простежити цю ідею докладно важко, оскільки ми не в змозі розраховувати квантові пакети в кожному випадку. Наприклад, атомне ядро можна вважати одним квантом, а атомний номер розглядати як свого роду квантове число. Якщо в подальшому розвитку квантової теорії відбудеться поворот у цьому напрямку, ми могли б увявити собі початок Всесвіту у вигляді єдиного атома, атомна вага якого дорівнює загальній масі Всесвіту. Вкрай нестабільний атом розділився б на все менші й менші атоми під дією свого роду надрадіоактивного процесу. Деякі залишки цього процесу, відповідно до ідеї сера Джеймса Джинса, могли б підтримувати тепло зір доти, поки наші атоми з низькими атомними числами зробили б можливим виникнення життя.

Звичайно, початковий квант не міг приховати в собі весь хід розвитку, але, відповідно до принципу невизначеності, це не є необхідним.

Наш світ нині розуміємо як світ, в якому щось відбувається насправді; вся історія світу не повинна бути записана в першому кванті, як пісня на диску фонографа. Вся матерія світу повинна була бути присутньою на початку, але історія, яку вона має розповісти, може бути написана крок за кроком.

* *Lemaitre G.A. The beginning of the World from the Point of the View of Quantum Theory // Nature. — 1931. — Vol. 127, — № 3210. — P. 706 (переклад О.Ю.Колтачихіної).*