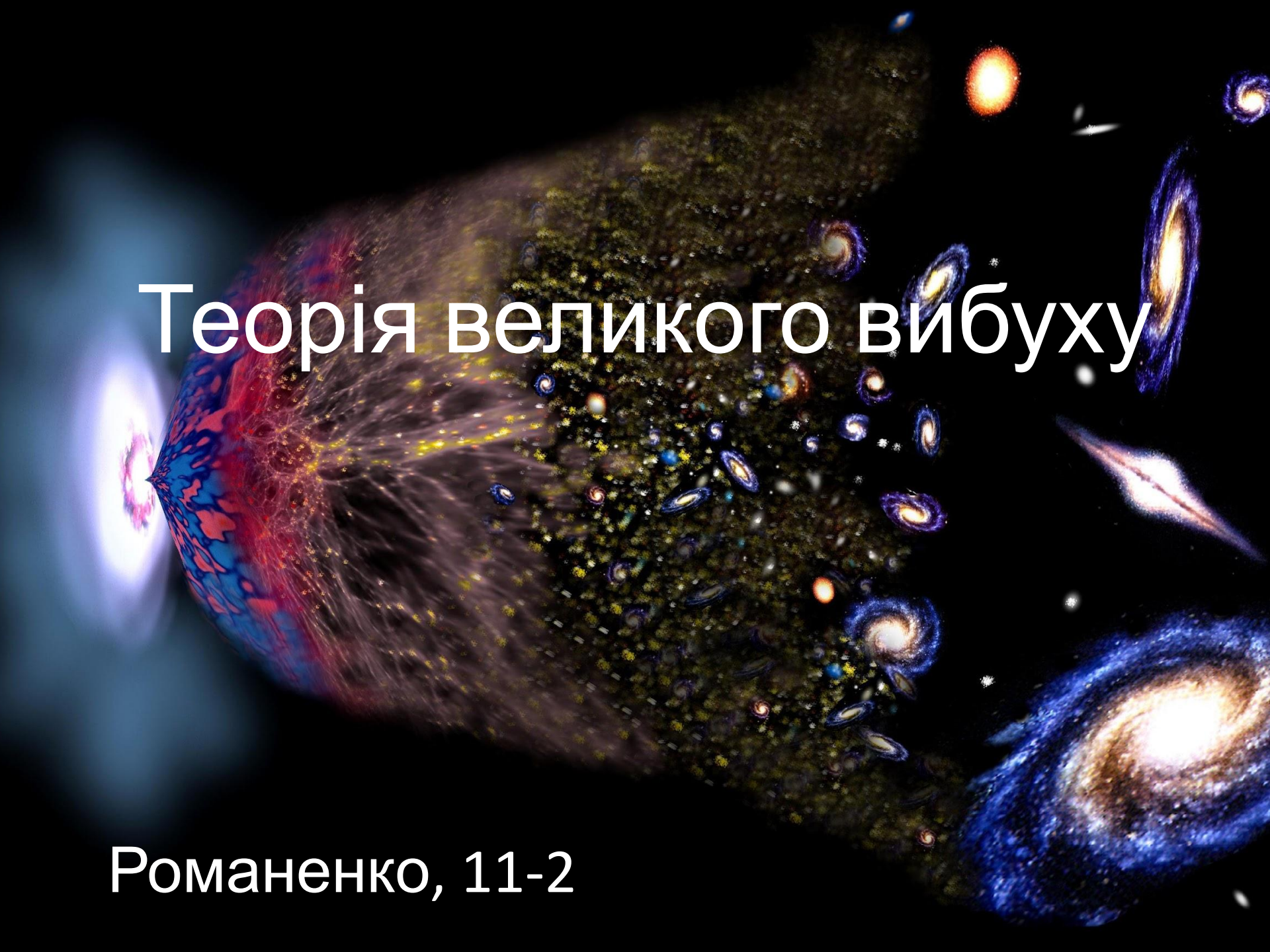


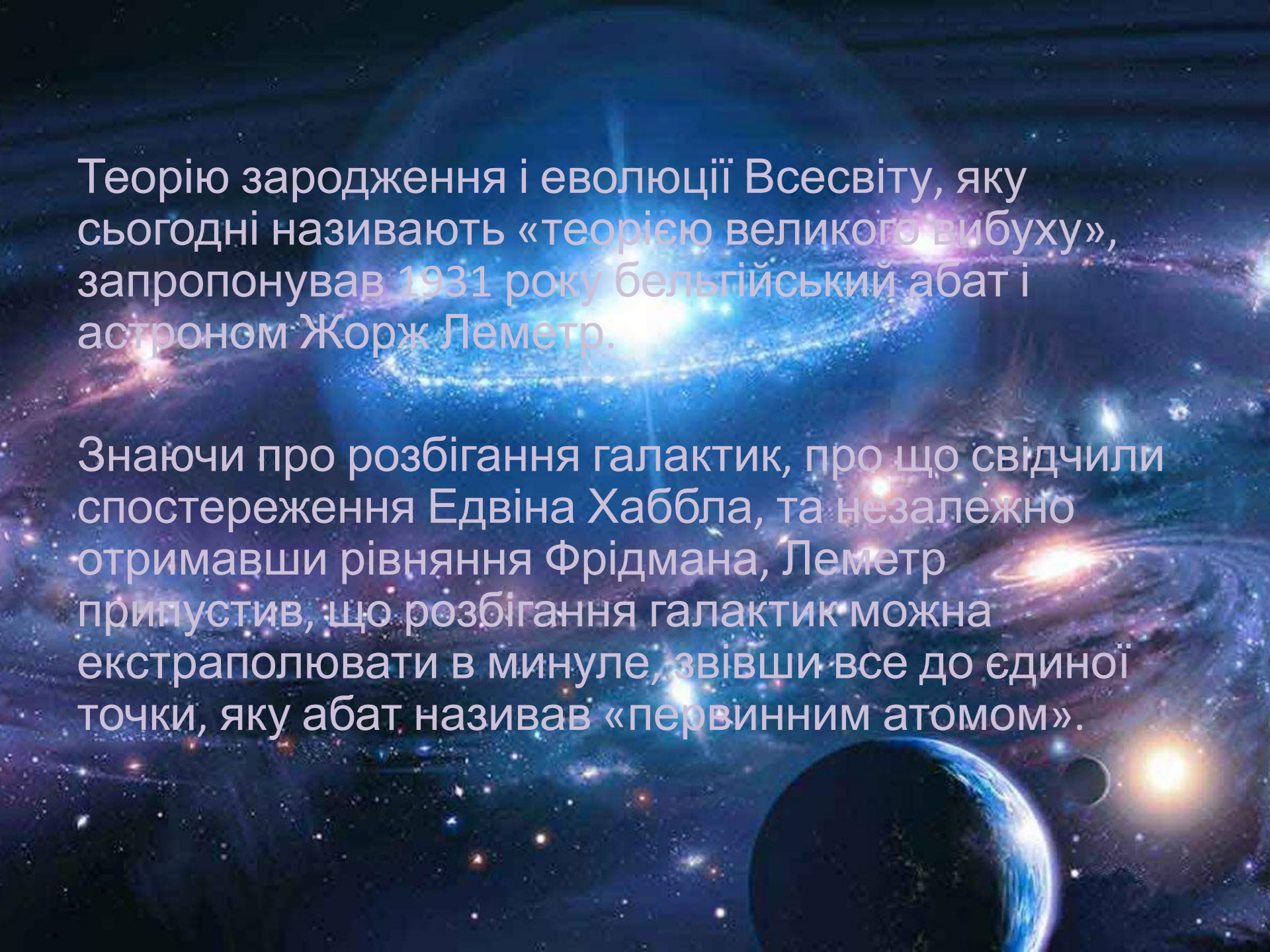
Теорія великого вибуху

A detailed visualization of the universe's expansion from the Big Bang. On the left, a bright, multi-colored (red, blue, purple) point represents the initial singularity. From this point, a vast, dark, and textured web of filaments and clusters of galaxies extends across the frame. Numerous spiral and elliptical galaxies, glowing with yellow and orange cores, are scattered throughout the expanding space. The background is a deep black, punctuated by distant stars and nebulae.

Романенко, 11-2

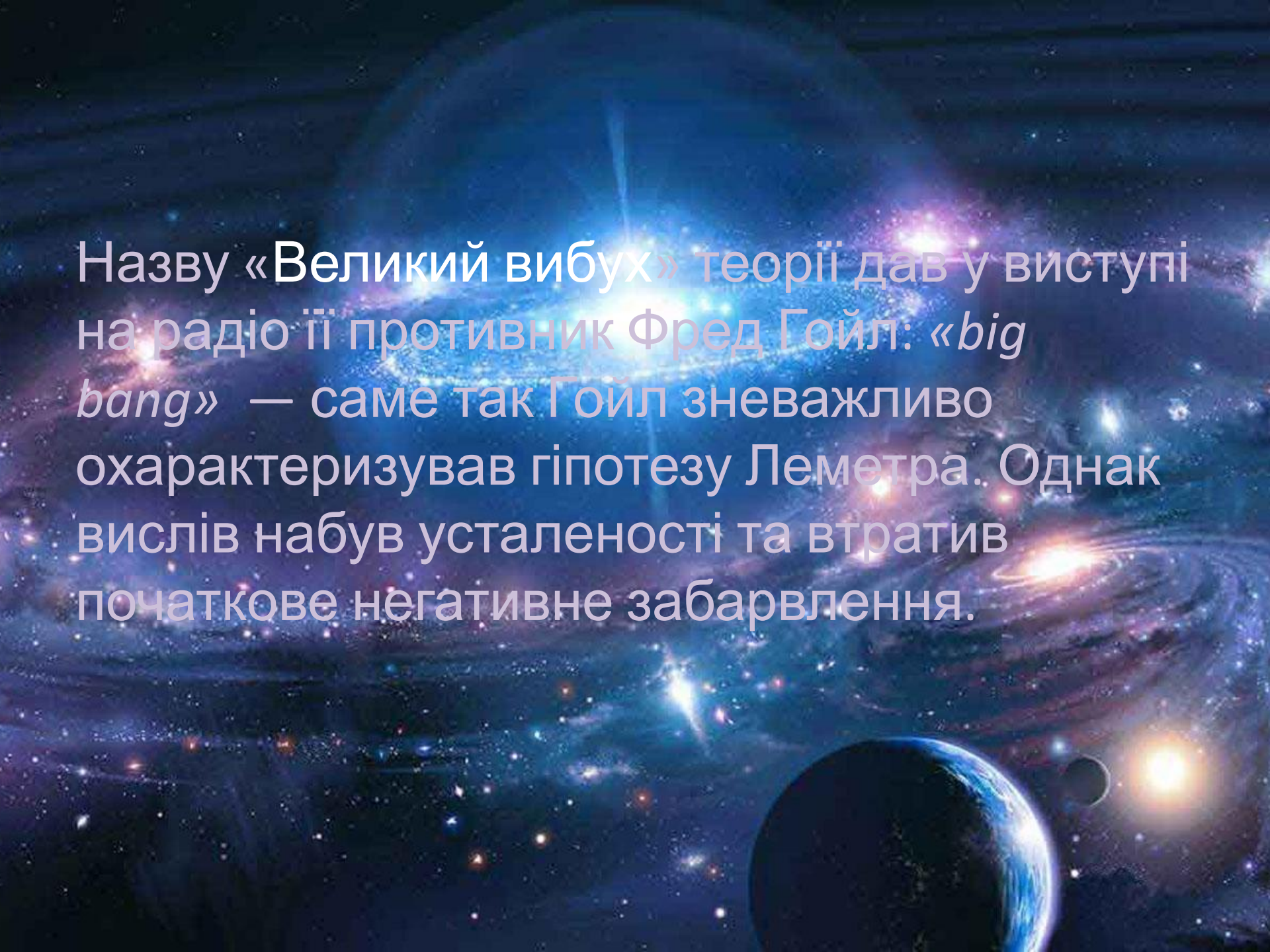
Великий вибух

Фізико-космологічна теорія про ранню стадію еволюції Всесвіту з надзвичайно щільного та гарячого стану, який існував приблизно 13,8 мільярда років тому.

The background of the slide is a deep space image. It features a vibrant blue and purple nebula or galaxy structure in the upper half, with bright, glowing regions. In the lower right corner, a large, dark blue sphere representing Earth is visible, showing a thin white atmospheric layer. The rest of the background is filled with numerous stars and distant galaxies, creating a sense of vastness and cosmic scale.

Теорію зародження і еволюції Всесвіту, яку сьогодні називають «теорією великого вибуху», запропонував 1931 року бельгійський абат і астроном Жорж Леметр.

Знаючи про розбігання галактик, про що свідчили спостереження Едвіна Хаббла, та незалежно отримавши рівняння Фрідмана, Леметр припустив, що розбігання галактик можна екстраполювати в минуле, звівши все до єдиної точки, яку абат називав «первинним атомом».

The background of the slide is a vibrant cosmic scene. It features a deep blue space filled with numerous stars of varying brightness. Several spiral galaxies are visible, their arms glowing with light. In the lower right foreground, a large, dark sphere representing a planet or moon is partially visible, showing a thin blue atmospheric ring. To its right, a smaller, bright yellow-orange star or distant galaxy core is prominent. The overall lighting is a mix of cool blues and purples from the galaxies, and warmer yellows and oranges from the individual stars and the foreground object.

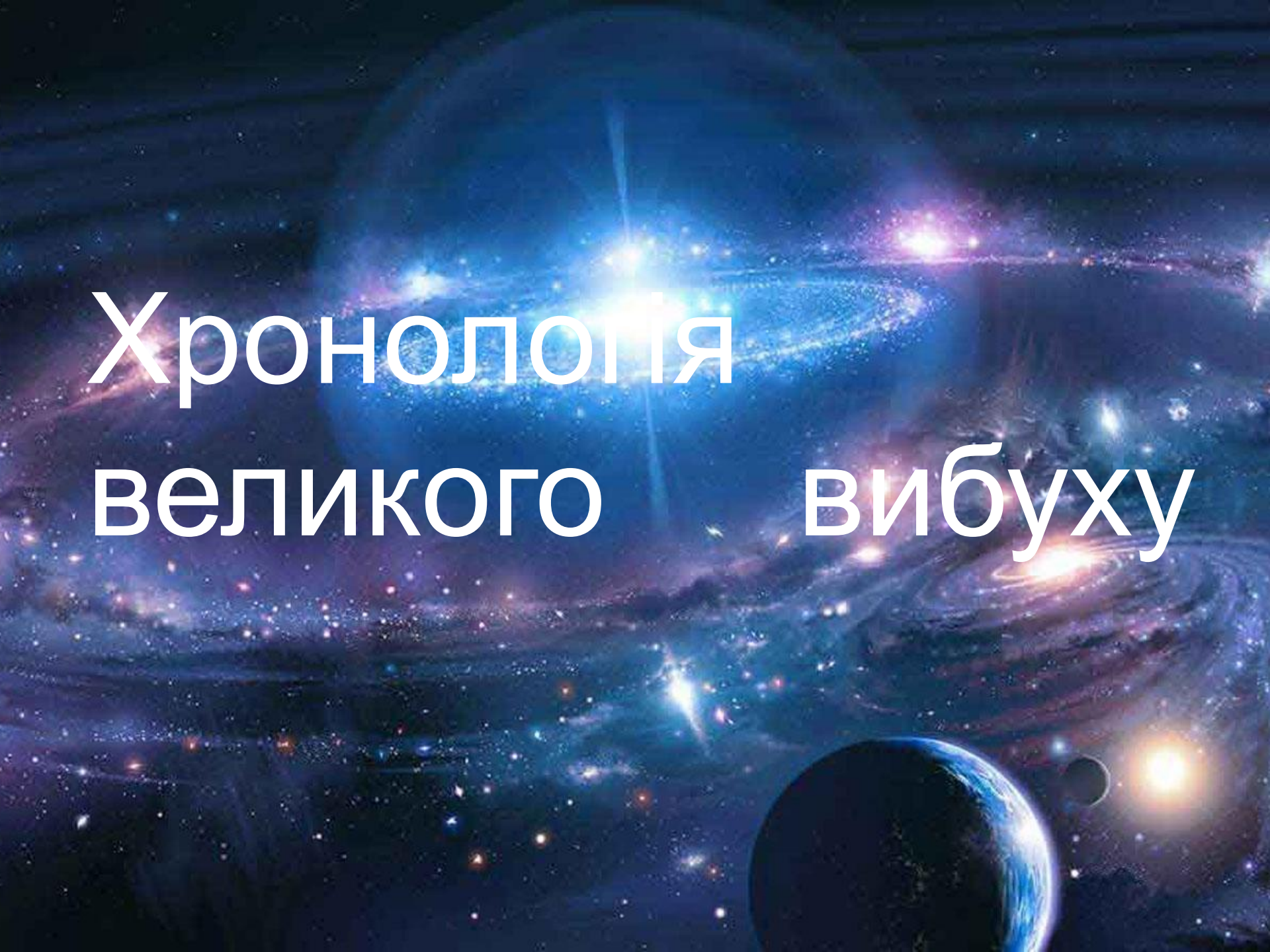
Назву «Великий вибух» теорії дав у виступі на радіо її противник Фред Гойл: «*big bang*» — саме так Гойл зневажливо охарактеризував гіпотезу Леметра. Однак вислів набув усталеності та втратив початкове негативне забарвлення.

Вихідні положення

Теорія Великого вибуху виходить із гіпотези однаковості законів фізики в усьому Всесвіті, а також із космологічного принципу за яким Всесвіт однорідний та ізотропний. Припущення однорідності Всесвіту може викликати подив, оскільки речовина в ньому зосереджена в зірках, де її густина дуже велика порівняно з міжзоряним простором, однак космологія розглядає Всесвіт у такому масштабі, в якому можна знехтувати окремими неоднорідностями і вважати, щоматерія розподілена доволі однорідно.

Великий вибух не є вибухом у звичайному розумінні слова. Він не відбувся в якійсь певній точці простору: впродовж усієї еволюції від моменту народження Всесвіт залишався згідно з теорією однорідним і безмежним, водночас розширюючись у всіх напрямках.

Хронологія великого вибуху

A cosmic background image featuring a deep blue space filled with numerous stars, distant galaxies, and nebulae. In the lower right foreground, a portion of the Earth is visible, showing its blue oceans and white clouds. The overall scene conveys a sense of vastness and the beginning of the universe.

Планківська епоха

Про початковий стан Всесвіту в момент Великого вибуху мало що відомо. Екстраполяція стану Всесвіту в минуле передбачає існування моменту, при якому матерія мала нескінченну густину і температуру, а будь-які точки простору були нескінченно близькими одна до одної. Такі екстраординарні умови існували у період від початкової сингулярності до 10^{-43} с після великого вибуху. В цей час усі фундаментальні взаємодії були об'єднані в одну. Масштаби процесів, що в той час визначали динаміку Всесвіту, були порівняні з квантовими флуктуаціями простору-часу.

Епоха великого об'єднання

Ця епоха почалася тоді, коли температура Всесвіту впала нижче 10^{27} кельвінів, і гравітація відокремилася від інших фундаментальних взаємодій. Ймовірно, в цей період виникли перші частинки і античастинки.

Ця епоха тривала приблизно 10^{-36} секунд. Під час неї, всесвіт був заповнений найбільш елементарними частинками — кварками, лептонами і векторними бозонами. Усі ці частинки не мали маси, аромату, електричного і кольорового заряду, а лептонне і баріонне число не зберігається. Частинки активно взаємодіють між собою за допомогою сили Великого Об'єднання, носіями якої є X та Y бозони і гравітації.

Кінець епохи відбувається після відокремлення сильної взаємодії від електрослабкої.

Епоха космічної інфляції

Під час інфляційної епохи, Всесвіт розширювався експоненційно. Швидкість його розширення значно перевищувала швидкість світла, проте це не є порушенням теорії відносності, через те, що це розширення не пов'язане з рухом матерії, але з розширенням самого простору. В кінці цієї епохи, розмір видимого Всесвіту складав близько 10 сантиметрів. Усі частинки, що існували до неї, були розведені на астрономічні відстані, що пояснює відсутність зараз у спостереженнях таких екзотичних, але стабільних частинок, як магнітний монополь. Завершення епохи супроводжувалося фазовим переходом вакууму, що мав дуже велику густину (його іноді називають фальшивим вакуумом), в сучасний стан, з густиною порядку 10^{-29} г/см³. Енергія, що була запасена в інфлатонному полі, перейшла в енергію пар частинок-античастинок, що і утворили всю ту матерію, що ми спостерігаємо навколо.

Електрослабка епоха

Під час цієї епохи електрична і слабка взаємодії ще не розділилися, тому частинки ще не мали маси.

Під час цієї епохи відбувся важливий для подальшого життя Всесвіту процес, що називається баріогенезис. В результаті деяких реакцій, симетрія між баріонами і антибаріонами порушилася — на кожні десять мільярдів баріон-антибаріонних пар став припадати один зайвий баріон.

Пізніше, коли кварк-глюонна плазма охолола до температур, при яких кварки змогли утворювати частинки, ця асиметрія спричинила сучасний вигляд Всесвіту — пари частинок-античастинок анігілювали з утворенням фотонів, а зайві частинки утворили усю баріонну матерію, що ми спостерігаємо навколо.

Починаючи з кінця цієї епохи, стан Всесвіту добре описується законами фізики високих енергій, відомих зараз.

Епоха первинного нуклеосинтезу

Через 1 секунду після вибуху температура у всесвіті знизилася нижче мільярда кельвінів, і фотони перестали розбивати ядра дейтерію, що утворювалися. З цього почалася епоха первинного нуклеосинтезу, що тривала близько 200 секунд. Саме в цей період розподіл елементів став таким, який ми можемо спостерігати зараз. Більш важкі елементи не утворювалися в цьому процесі, через відсутність стабільних елементів з масами 5 і 8.

Епоха первісної рекомбінації

Приблизно через 380 тисяч років після Великого Вибуху температура падає до 3000 кельвінів. За цієї температури можуть існувати і не іонізуватися фотонами нейтральні атоми водню. Таким чином, в цей час Всесвіт перестає бути заповненим плазмою, а стає заповненим нейтральним газом, прозорим для випромінювання. Момент цього переходу називають *моментом останнього розсіяння*. Фотони, що в цей момент відірвалися від матерії, продовжили існувати практично без змін аж до сьогодні, і можуть бути спостереженими у вигляді реліктового випромінювання. Через розширення Всесвіту, фотони реліктового випромінювання були розтягнуті, і, через це, за останні мільярди років, температура цього випромінювання впала з 3000 K до 2,73 K.

Темні віки

Темними віками називається період, що тривав від 380 тисяч до 550 мільйонів років після Великого Вибуху. У цю епоху, перші зірки ще не утворилися, але матерія охолола настільки, що перестала випромінювати світло — через відсутність яскравих джерел освітлення ця епоха і отримала назву. Всесвіт у ці часи був заповнений воднем, гелієм, реліктовим випромінюванням і випромінюванням атомарного водню.

Реіонізація

Поступово в однорідному газі нейтральної речовини почали утворюватися газові туманності, а ще пізніше — галактики та окремі зорі.



Майбутнє

Є кілька сценаріїв еволюції Всесвіту в майбутньому залежно від його параметрів, зокрема густини. Проблема передбачення майбутнього ускладнюється тим, що результати спостережень останніх десятиліть не зовсім вкладаються в стандартну модель Великого вибуху. Пояснення цих явищ, зокрема плоскої форми Всесвіту, прискорення його розширення тощо, можна дати, ввівши додаткові параметри в теорію, припустивши, що у Всесвіті, крім звичайної матерії частинок та античастинок, існує так звана темна матерія, до того ж її навіть більше, ніж звичайної, а також, що існує так звана темна енергія.

Свідчення на користь теорії Великого вибуху

Розбігання галактик за законом Хаббла, яке вимірюється на основі червоного зсуву спектральних ліній внаслідок ефекту Доплера.

Наявність реліктового випромінювання

Поширеність хімічних елементів у Всесвіті із перевагою легких елементів: гідрогену та гелію.

Великомасштабний розподіл та еволюція галактик, про яку свідчать астрономічні спостереження.