

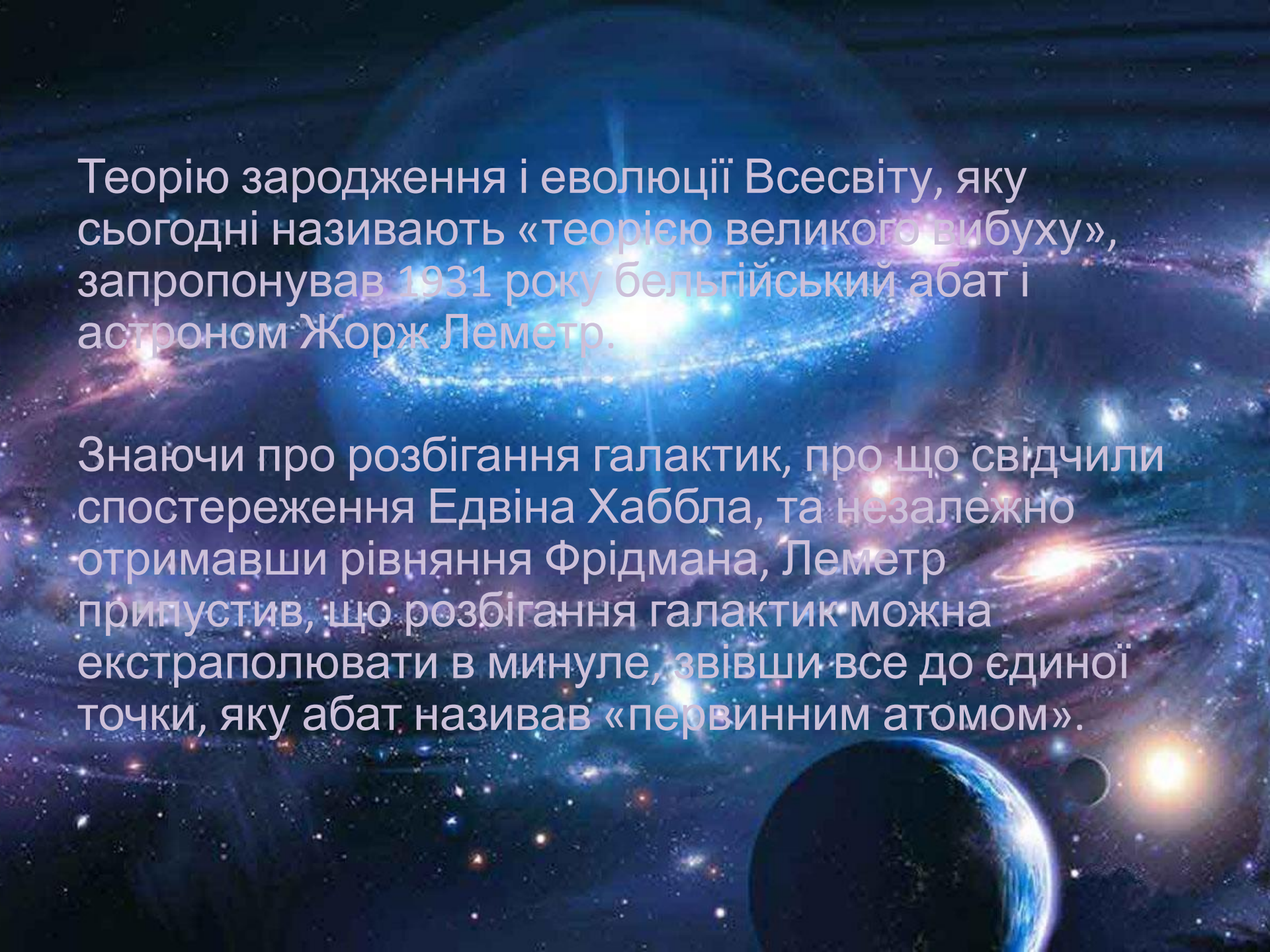
A visualization of the universe's expansion from the Big Bang. On the left, a bright, multi-colored (red, blue, purple) point represents the initial singularity. From this point, a vast, expanding field of galaxies and star clusters radiates outwards. The galaxies are depicted in various colors, including blue, yellow, and orange, and are shown in different orientations and sizes, illustrating their increasing distance from the center of expansion over time. The background is a deep black space filled with numerous small, distant galaxies and stars.

Теорія великого вибуху

Романенко, 11-2

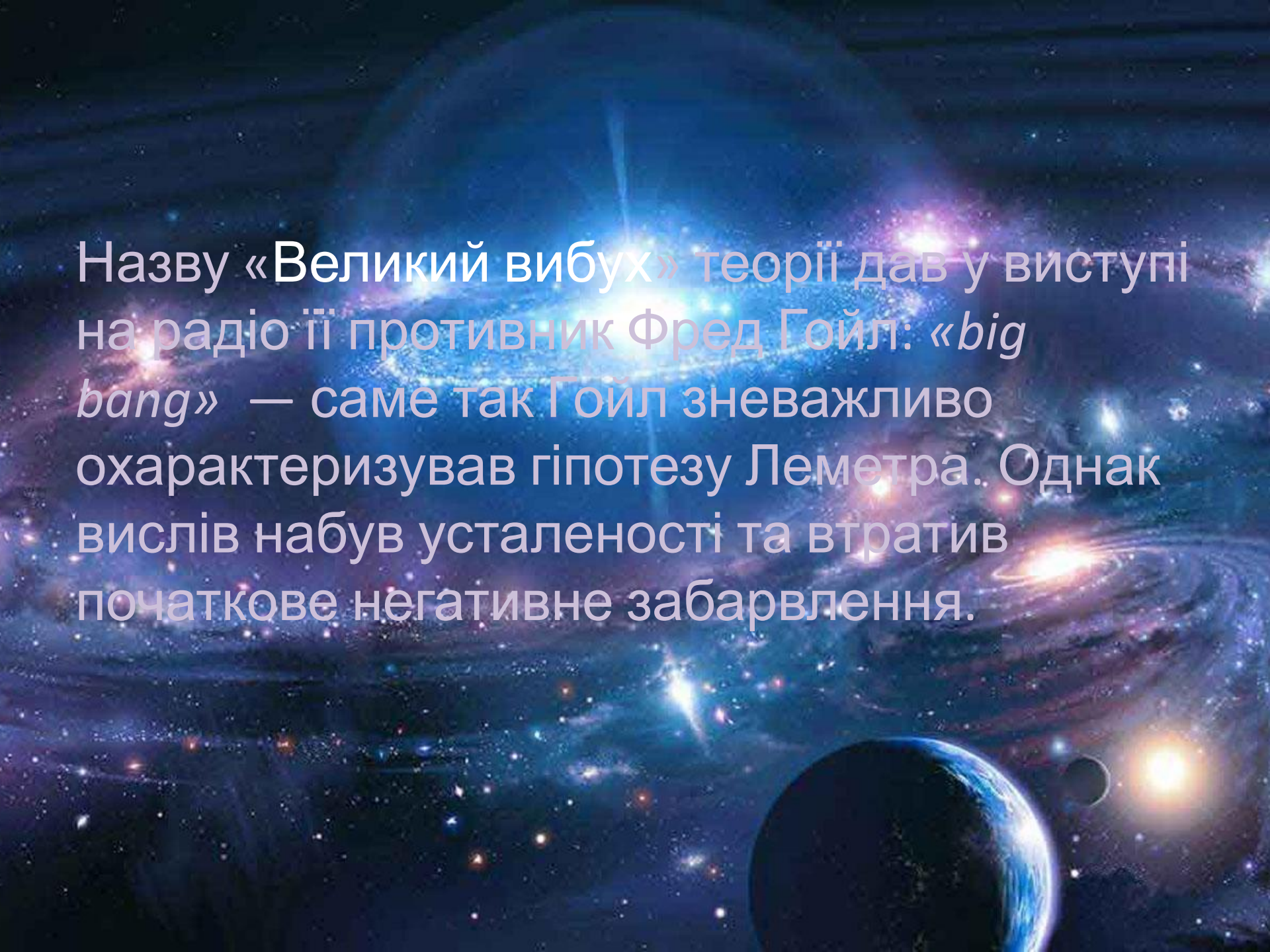
Великий вибух

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 vibrant cosmic scene. It features a deep blue and purple color palette, filled with numerous stars of varying colors (white, yellow, orange, red, blue). Several prominent galaxies are visible, including a large, bright, multi-colored spiral galaxy in the upper right and a smaller, more distant galaxy in the lower right. The overall effect is a sense of vastness and the beauty of the universe.

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».

A vibrant cosmic background featuring a spiral galaxy on the right, a bright yellow star in the lower right, and the Earth's horizon in the bottom foreground. The scene is filled with stars and nebulae in shades of blue, purple, and white.

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, що матерія 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.

A vibrant cosmic background featuring a blue and purple galaxy with a bright central core, a spiral galaxy in the lower right, and the Earth in the bottom foreground. The scene is filled with stars and nebulae.

Хронологія великого вибуху

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 К до 2,73 К.

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.