

# Походження і розвиток Всесвіту



# План

- Загальна теорія відносності- наріжний камінь моделі Всесвіту
- Історія дуже раннього Всесвіту
- Ранній Всесвіт
- Реліктове випромінювання
- Народження галактик

# Загальна теорія відносності - наріжний камінь моделі Всесвіту

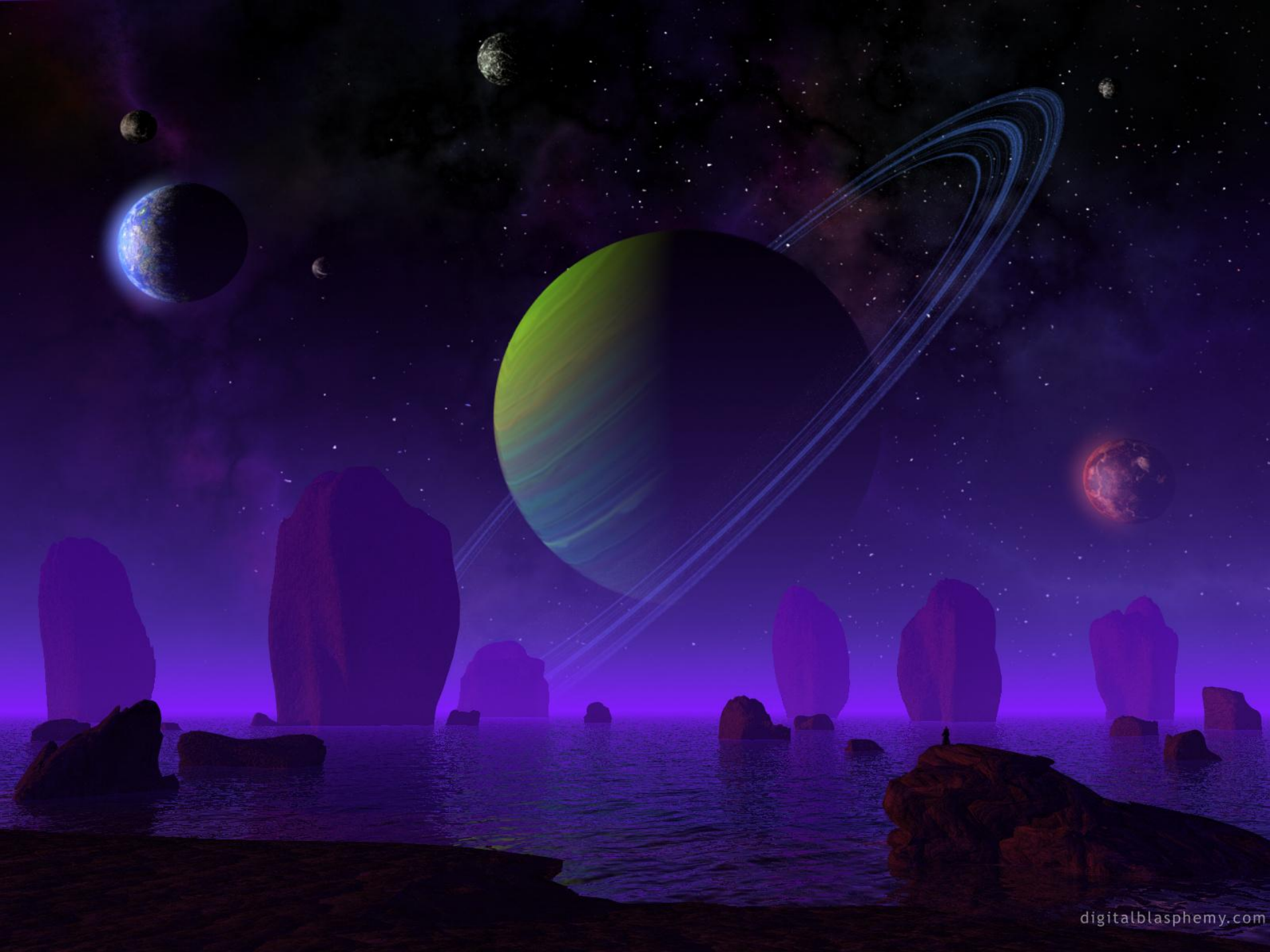
Теорія відносності виходить з того факту, що всі вимірювання і зміни у просторі і часі відносні і залежать від конкретного спостерігача. Вони втрачають абсолютне значення, а сама структура простору-часу визначається тим чи іншим розподілом мас у Всесвіті. В різних частинках Всесвіту простір по-різному викривлений, і час протікає з різною швидкістю.

Всі уявлення про будову та виникнення Всесвіту, що з'явилися у людства до 20х років ХХ ст., можна вважати теоретичними міркуваннями, бо спостережені дані були вкрай обмежені. І все ж на основі цих даних повільно вимальовувалася картина “будівлі” Всесвіту. На основі роздумів про світ фізичних явищ, критичного аналізу механіки Галілея та Ньютона народилася теорія відносності Ейнштейна, якій було вготовано провести справжній переворот у фізиці.





У загальній теорії відносності (ЗТВ) Енштейна гравітація – не сила, а тільки викривлення простору-часу. Тіла рухаються по викривлених траекторіях не тому, що на них діє сила гравітації,- вони найкоротшим та найшвидшим шляхом.



На самому початку.... У 1922 році німецький журнал “Цайт-шрифт фюр фізик” надрукував статтю радянського вченого О.Фрідмана, в якій він аналізував космологічну теорію Енштейна.

На відміну від Енштейна, який всупереч власним висновкам із ЗТВ відстоював стаціонарність Всесвіту, на основі уважного аналізу рішення рівнянь Енштейна Фрідману вдалося показати, що речовина у Всесвіті не може знаходитися в стаціонарному стані, і Всесвіт з часом змінюється.



За теорією Фрідмана можливі три варіанти розвитку Всесвіту: Всесвіт *закритий, відкритий і пульсуючий*. Всі ці варіанти мають те спільне, що в якийсь момент часу в минулому (10,20 млрд.років тому) відстань між сусідніми об'єктами Всесвіту мусила бути рівною нулю. В цей момент, який називається Великим Вибухом, густина Всесвіту і кривизна простору мали бути нескінченно великими, тобто Всесвіт мав бути точкою, яку математики називають *сингулярною*. У сингулярній точці всі сучасні закони фізики втрачають свою дію, а тому цю точку можна розглядати як математичний образ нової фізичної реальності.

Процес переходу космічної матерії з цього стану на стадію розширення і є Великим Вибухом. Від цієї часової межі починається історія нашого Всесвіту. Що передувало Великому Вибуху - невідомо.



# Історія дуже раннього Всесвіту

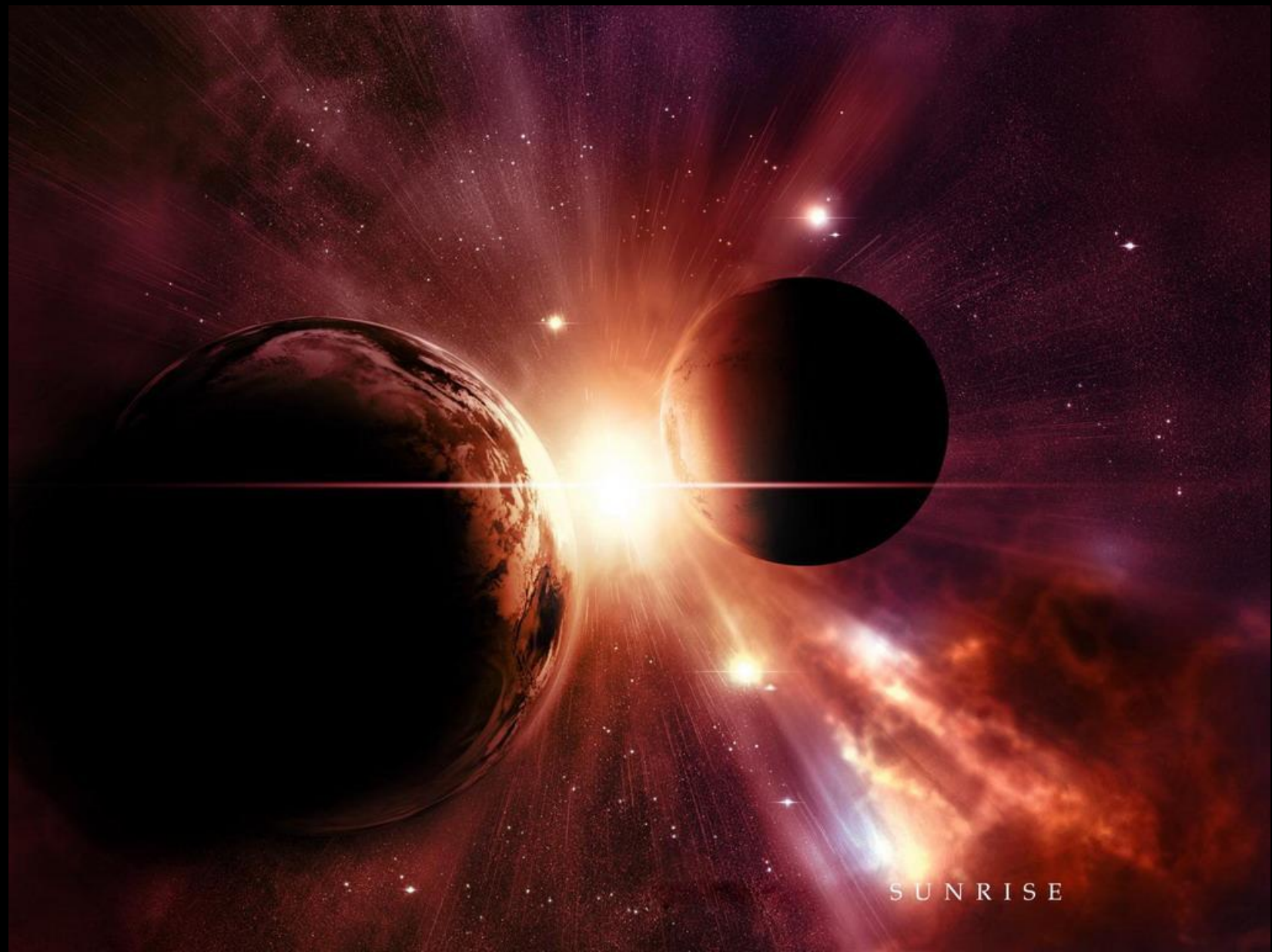


В момент Великого Вибуху  
розміри Всесвіту були  
близькими до нуля, а всі  
чотири фундаментальні сили  
природи- *гравітація,*  
*електромагнітна, слабка і*  
*сильна* були об'єднані.

# Епоха Великого об'єднання

Період від 10(-43)с до 10(-35)с називається епохою Великого об'єднання. До кінця цієї епохи деякі області Всесвіту переохолодилися і знаходились в особливому стані, який називається псевдовакуумом.

**Вакуум** – це порожній простір, у якому практично відсутні будь-які частинки. Фізичний, реальний вакуум не порожній. Він заповнений полями та віртуальними частинками, які час від часу матеріалізуються.



SUNRISE



Поняття вакууму ввів у науку видатний англійський фізик П. Дірак (1902-1984). Звичайних частинок у такому вакуумі справді немає, але існує велика кількість інших- віртуальних. І як би ми не намагалися спустошити простір, у ньому завжди буде рій таких частинок....





В першу мить народження Всесвіту гравітаційне відштовхування переважало над гравітаційним тяжінням, під дією антигравітаційних сил вакууму і почалось його розширення. Воно відбувалось так стрімко, що отримало спеціальну назву- інфляція. Саме одна з областей вакууму, яка пройшла фазу інфляції і яка спершу була набагато менша протона, а за мить досягла розмірів апельсина, і стала маленьким Всесвітом.



Стан псевдовакууму нестійкий. Коли подібний стан зникає, закінчується й інфляційне роздування. Миттєво перейшовши до стану звичної для нас гравітаційної взаємодії в момент  $10^{-35}$ с, Всесвіт продовжував розширюватися за інерцією.



Величезний запас потенціальної енергії псевдовакууму, величина якої не зменшувалася при роздуванні, під час фазового переходу Всесвіту із переохолодженого стану виділився у вигляді випромінювання.

Температура миттєво зросла до значення  $10^{27}\text{K}$  і сильна взаємодія відділилася від слабкої та електромагнітної. Від цього моменту і почалась історія **гарячого Всесвіту**.



planet tutorial by nomand для [www.elite-games.ru](http://www.elite-games.ru)

Тоді виникла асиметрія у кількості частинок і античастинок. В момент  $10^{-10}$ с за температури  $10^{15}$ К почали утворюватись важкі елементарні частинки, такі як протони і нейтрони. При цьому антипротонів і антинейтронів у ранньому Всесвіті виявилось менше, ніж протонів і нейтронів.



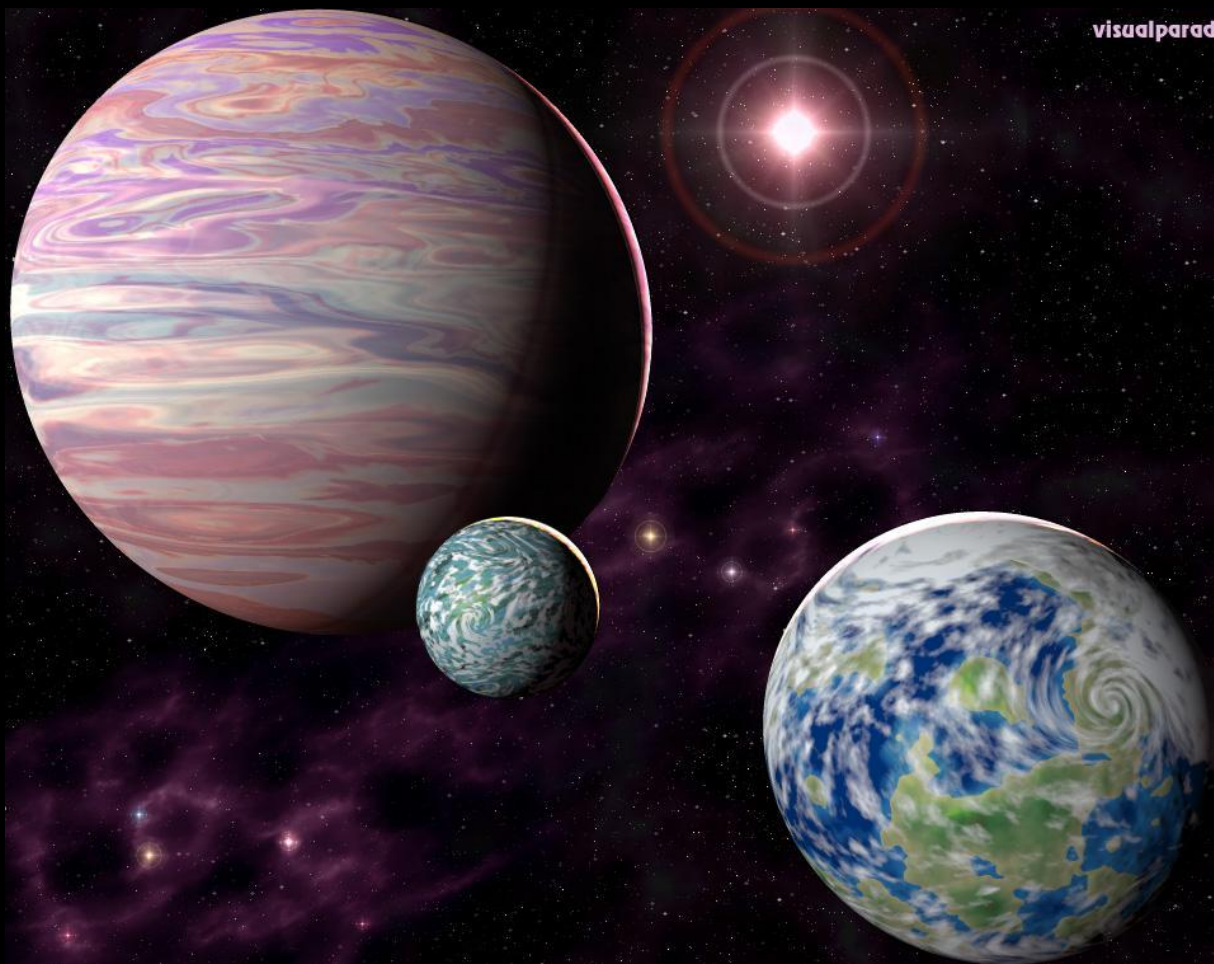
Деякий час Всесвіт перебував у так званому рівноважному стані.

Відбувалось народження та анігіляція частинок з античастинками з виділенням енергії у виглядів квантів світла. Але розширення тривало, температура продовжувала знижуватись, і масивних частинок утворювалось дедалі менше.

Згодом кількість анігіляцій перевищила кількість народжених частинок, всі античастинки знайшли собі пару і анігілювали, перетворившись на кванти світла, а частинки без пари залишились – одна частинка на мільярд квантів!

# Ранній Всесвіт

[visualparadox.com](http://visualparadox.com)





Нарешті  
температура  
знизилась настільки,  
що пари масивних  
частинок перестали  
народжуватися  
зовсім. Енергії  
вистачало лише на  
утворення легких  
частинок- лептонів



Почалась ера лептонів. Через  $10^{-4}$ с Всесвіт став схожим на густий суп, у якому випромінювання було змішане з лептонами, протонами та нейтронами. Через 1 секунду після Великого Вибуху, коли температура впала до 10 млрд К, почалась анігіляція електронів і позитронів з виділенням колосальної кількості фотонів. Цей процес тривав 9 с і через 10 с після початку Великого Вибуху випромінювання вже переважало над речовиною- почалась ера випромінювання.



Через 1 млн. років, при подальшому розширенні та охолодженні речовини до температури 3 000 К, в результаті об'єднання електронів і протонів утворились атоми водню- найпростішого і найпоширенішого хімічного елемента у Всесвіті. Випромінювання виділилось від речовини і у вигляді фотонів розлетілося у просторі. Всесвіт став прозорим. Настала наступна ера в історії Всесвіту- ера речовини, яка триває і дотепер.

# Реліткове випромінювання



Випромінювання, що виникло на ранніх етапах розвитку Всесвіту мусить і зараз знаходитися в ньому у вигляді фонового *космічного* або *реліктового* випромінювання.

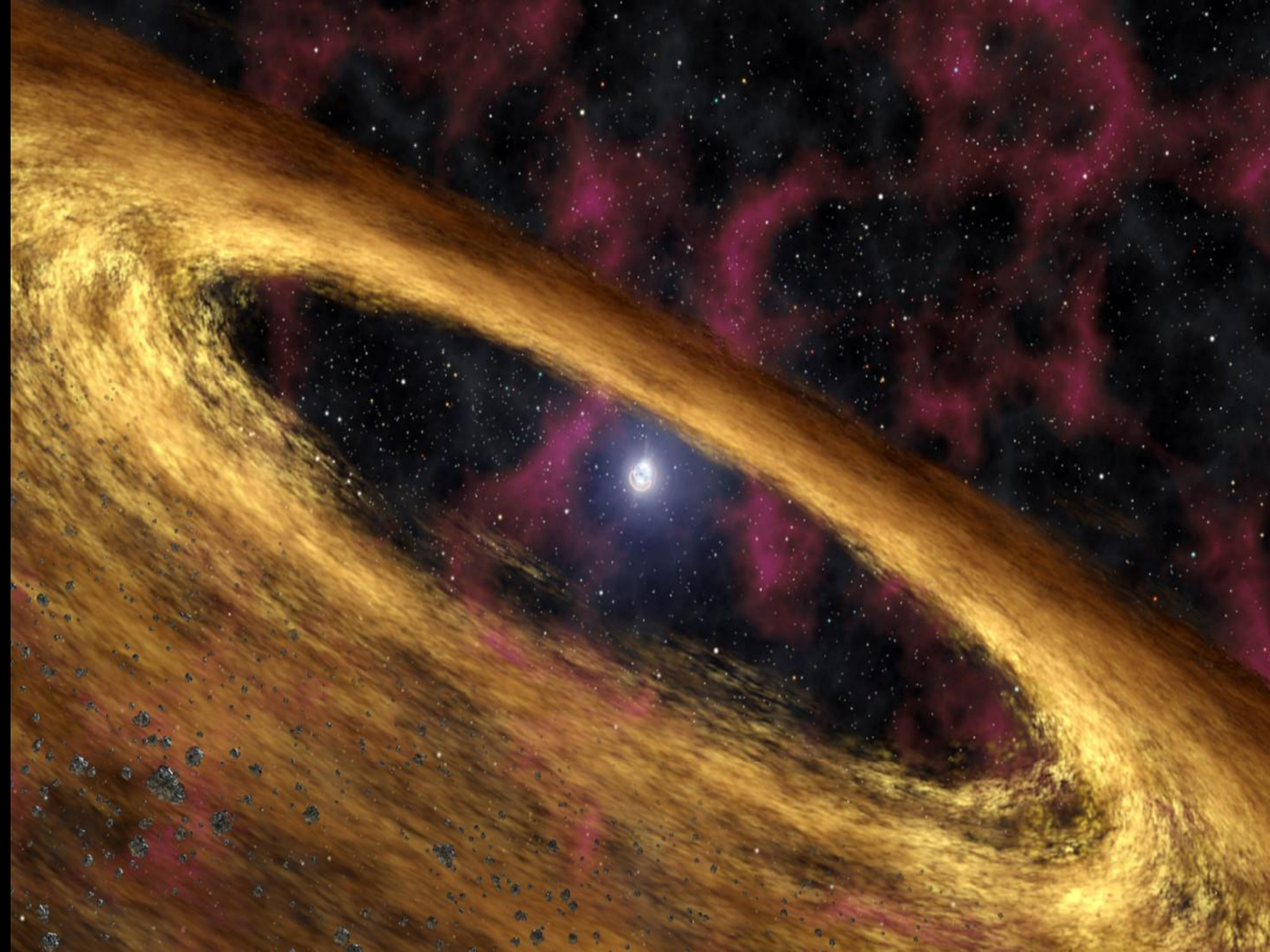


В 40-х роках ХХ ст. Г. Гамов передбачив існування реліктового випромінювання. А 1965 р. А. Пензіаз і Р. Вілсон несподівано для себе зареєстрували радіовипромінювання, інтенсивність якого з точністю до 0,1% не залежала від орієнтації антени радіотелескопа. Його інтенсивність була однаковою і в день, і в ночі, і в продовж року. Це означало, що джерело випромінювання знаходиться за межами Сонячної системи і навіть за межами Галактики.





Згодом було зроблено висновок, що це радіовипромінювання- не що інше, як *реліктове випромінювання*, передбачене Гамовим. Його температура виявилася рівною 2,73 К, що близько до передбаченої величини. Максимум у спектрі реліктового випромінювання припадає на міліметрову область радіодіапазону.



# Народження галактик



Після того як випромінювання відокремилось від речовини, Всесвіт складався із суміші атомів і випромінювання, тобто був наповнений гарячим газом. Можливо цей газ не був абсолютно однорідним. Можливо у ньому були ущільнення і розрідження. Хоча остаточно це питання залишається нез'ясованим.

Врахуємо тепер, що зі збільшенням щільності згустка речовини зростає сила гравітації, що діє на нього. А тому будь-яка неоднорідність речовини має тенденцію до нарощування. З часом такі ущільнені хмари відокремились одна від одної і перестали брати участь у розширенні. Гравітація міцно тримала кожна з них групою, а розширення появлялось у зростанні відстані між ними.



Велетенські і дуже масивні згустки дробились на менші, кожний з яких продовжував ущільнюватись. З таких згустків через 1 млрд. років після Великого Вибуху і утворилися надскупчення, скупчення галактик, окремі галактики, а в галактиках – окремі зорі.

Цей сценарій утворення і розвитку Всесвіту підтверджується такими спостережними даними:

- Наявність реліктового випромінювання як своєрідне відлуння моменту відриву випромінювання від речовини.
- Відсотковий вміст гелію у речовині, що відповідає розрахунковому за теорією Великого Вибуху (25% гелію і 75% водню в загальній масі).
- Однорідність та ізотропність простору у великих масштабах (100 Мпк).
- Наявність неоднорідностей у невеликих масштабах як наслідок флуктуацій щільності речовини на початку Всесвіту.
- Співвідношення між випромінюванням і речовиною (між кількістю фотонів і окремих частинок).