Історія розвитку уявлень про Всесвіт. Походження й розвиток Всесвіту.

Здавна люди замислювались над таємницею походження життя і Всесвіту. Кожна цивілізація створювала свої міфи про виникнення світу і людини. Сучасна цивілізація також дуже зацікавлена у цих питаннях. Людство сподівається на можливість існування життя ще де-небудь окрім Землі. Тому сьогодні, коли автоматичні станції досліджують міжпланетний простір, а деякі з них вже летять у напрямку далеких зір, проблема існування та пошуку життя у Всесвіті стала ще більш актуальною і хвилюючою.

Отже, спершу потрібно задатись питанням: «Що таке життя?»

Життя- це високоорганізований стан речовини, здатний до самовідтворення за допомогою певним чином кодованих молекул і до обміну з навколишнім середовищем речовиною, енергією та інформацією.

Життя на Землі грунтується на сполуках вуглецю, розчинником для яких слугує вода. Така біохімічна єдність свідчить про те, що всі прояви життя на Землі виникли значною мірою однаковими шляхами і мають спільних пращурів.

Хоча на це питання, як саме відбувається цей еволюційний процес, як відбувається перехід від « неживого» до «живого», сучасна наука не може дати поки що точної відповіді. Англійський біолог Ф. Крік висловився з цього приводу ще у 1953 р. разом з американцем Д. Уотсоном розкрив таємницю структури ДНК: «Ми не бачимо шляху від первісного бульйону до природного відбору. Можна дійти висновку, що походження життя – чудо, але це свідчить лише про наше незнання ».

Є три особливі причини, які роблять Землю унікальною серед інших планет: Віддаль від Сонця, розміри і відносно велика маса природного супутника Місяця.Та питання походження та розвитку Всесвіту є не менш актуальними. Цю проблему вивчає новий розділ астрономії -космологія

Проблеми космології

1. Космологічні моделі. Космологія — наука про Всесвіт у цілому, про найзагальніші закони його будови і розвитку. Це молода і водночас найпривабливіша галузь астрономії. Вона найповніше використовує такі поняття, як простір і час, які є не тільки фізичними, але й філософськими категоріями. На її «полі» упродовж століть ведеться запекла боротьба між матеріалістичним та ідеалістичним світоглядами.

Загальні закономірності розвитку Всесвіту вивчаються за допомогою космологічних моделей. Інакше кажучи, виводяться рівняння, за якими визначається зміна з часом відстані між двома довільно взятими матеріальними об'єктами у Всесвіті (двома галактиками), а також зміна з часом середньої температури і густини речовини. При цьому, як правило, виходять з так званого космологічного принципу, який проголошує, що Всесвіт є однорідним та ізотропним, тобто властивості Всесвіту для кожного заданого моменту часу однакові в усіх його точках і в усіх напрямках.
Сучасна космологія грунтується на створеній А. Ейнштейном (1916 р.) загальній теорії відносності (ЗТВ), в якій було встановлено, що розвиток і подальша доля Всесвіту значною мірою залежать від значення середньої густини речовини, яка його заповнює. При цьому особлива роль відводиться так званому значенню ркр - критичної густини речовини.
Виявляється: якщо р > ркр, то розширення Всесвіту рано чи пізно зупиниться і зміниться його стисненням. Тоді червоні зміщення ліній у спектрах галактик зміняться на фіолетові, оскільки віддалі між галактиками почнуть зменшуватись. У такій моделі Всесвіт пульсує; досягнувши найбільших розмірів, знову стискається. До того ж він замкнений, і світловий промінь, відлетівши у зоряні простори, має зрештою повернутись туди, звідки стартував. Якщо р < ркр, то Всесвіт відкритий, нескінченний, і його розширення буде тривати вічно!

Чому ж дорівнює критична густина речовини Весвіту? Виявилося, що її значення визначається тільки сучасним значенням сталої Габбла, яку точно знайти дуже непросто. Для її обчислення доводиться вимірювати червоні зміщення дуже далеких галактик, оскільки близькі галактики мають значні власні рухи,не зумовлені розширенням Всесвіту. Обчислена за середнім значенням сталої Габбла критична густина ркр становить мізерну величину - біля 10 29 г/см3, або 10 s атомних одиниць маси у кожному кубічному сантиметрі. За такої густини грам речовини міститься у кубі зі стороною 40 тис. км!Отже, для того щоб дізнатись, якій космологічній моделі відповідає Всесвіт, потрібно визначити середню густину його речовини і порівняти з критичною. Визначення середньої густини - це першочергова задача космології.

Зауважимо, що при введенні поняття Всесвіту, що розширюється, зовсім не йдеться про якусь фізичну точку, від якої відбувається розширення. Ніякого центра розширення не існує. Порівняємо Всесвіт із точками на поверхні повітряної кульки. Коли ми почнемо наповнювати її повітрям, відстані між точками будуть зростати, але жодну точку при цьому не можна вважати центром розширення.

Так і при розширенні Всесвіту - сам простір наче розбухає, галактики віддаляються одна від одної, залишаючи завдяки гравітації незмінними свої об'єми.Та якщо світ галактик розширюється, то, можливо, певне число років тому всі вони почали свій розліт з деякої так званої сингулярної точки? Таке уявлення дозволяє ввести поняття єдиного космологічного часу t, відлічуваного від моменту, коли розпочалося розширення світу галактик.

2. Проблема «прихованої маси». Якщо ми візьмемо в околицях Сонця невеликий об'єм, наприклад куб із стороною 10 пк, то в ньому може виявитись кілька зір і міжзоряна плазма, а в сусідніх 10 пк3 ми можемо не знайти жодної зорі. Це свідчить про нерівномірність заповнення речовиною найближчого до нас простору. Зорі об'єднуються в галактики, а галактики об'єднуються в скупчення, які теж розташовані нерівномірно. Середня відстань між скупченнями становить близько 30 Мпк. Отже, і в таких об'ємах Всесвіт неоднорідний. Але якщо ми візьмемо куб із стороною 100 Мпк, то побачимо іншу картину: в будь-якому місці Всесвіту всередині таких об'ємів кількість галактик та їхніх скупчень буде майже однаковою.
«Розмазавши» подумки всі галактики по цих об'ємах, ми отримаємо для кожного з них однакову середню густину речовини.Це приводить до дуже важливого висновку: **у великих масштабах Всесвіт однорідний, і значення середньої густини речовини у ньому - це один із найважливіших параметрів.**

Проте визначити зі спостережень справжню середню густину Всесвіту, виявляється, ще складніше, ніж знайти сталу Габбла і обчислити критичну густину. З астрономічних спостережень випливає, що середня густина усієї видимої речовини - зір, пилу, газу, а також випромінювання - не перевищує 10% критичної густини. Отже, окрім речовини, яка спостерігається, у Всесвіті, безсумнівно, наявна загадкова «прихована» або темна речовина, яка нічим не проявляє себе, крім гравітації. її маса у багато разів перевищує масу видимої речовини.
Останніми роками астрономи отримали цілий ряд прямих вказівок на те, що в основному саме ця темна речовина заповнює Всесвіт. Вона утворює протяжні невидимі темні гало галактик і міститься в міжгалактичному просторі, концентруючись біля скупчень галактик.Яка природа «прихованої» речовини? Можливо, це поки що не відкриті елементарні частинки, а можливо, вакуум має такі властивості, що робить свій внесок у повну густину матерії. Це можуть бути і звичайні несамосвітні тіла невеликої маси, проміжні між зорями і великими планетами. Може бути і «будівельне сміття», що залишилось після епохи утворення галактик.
Та як би там не було, виміряти масу «прихованої» речовини - задача

надзвичайно складна. Це якнайважливіше космологічне питання досі залишається відкритим.

Проблема горизонту. Якщо галактики розлітаються, то перенесімось подумки у минуле і знайдімо момент, коли віддалі між галактиками були такими малими, що вони «торкались» одна одної. Продовжуючи цю подорож у часі, ми неминуче прийдемо до такого моменту, коли вся доступна для спостережень область Всесвіту формально була стягнута в точку, а густина її була нескінченно великою. Звісно, фізично це неможливо, але в рамках моделі припустимо говорити про час життя Всесвіту як такий, що минув від моменту існування нескінченно великої (чи просто великої, але такої, яка ще має фізичний зміст) густини.Цей час, що називається віком Всесвіту, залежно від прийнятого значення сталої Габбла виявляється близьким до 12-15 млрд років.Якщо наші математичні моделі вірно описують реальний Всесвіт, то серед астрономічних об'єктів не повинно бути таких, вік яких перевищує вік Всесвіту. І дійсно, вік найстаріших зір як у нашій, так і в інших галактиках, не більший за 15 млрд років. Будь-який сигнал, що несе інформацію, не може передаватися зі швидкістю, більшою за швидкість світла. Тому «скінченний» вік Всесвіту дозволяє умовно говорити і про розмір спостережуваного Всесвіту, або розмір області гв*с/Н, з якої інформація може дійти до спостерігача за час, що минув від початку розширення. Оскільки швидкість світла с має скінченне значення, то і розмір спостережуваного Всесвіту гв - також скінченна величина. Тобто спостережуваний Всесвіт має вигляд сфери скінченного радіуса гв, з-за меж якої ніяка інформація не може дійти до нас у принципі. І ніяке вдосконалення техніки не дозволить зазирнути ще далі. На честь Габбла її називають габблівським радіусом, а поверхня, яку він описує, називається абсолютним горизонтом.На сьогодні за значення сталої Габбла Н = 75 км / (с • Мпк) габблівський радіус становить 4 000 Мпк.Але поняття радіуса Всесвіту досить умовне: реальний Всесвіт безмежний і ніде не закінчується. Якщо спостерігач буде рухатись, то його спостережуваний «горизонт» буде відсуватися все далі й далі. Через скінченність швидкості світла величина червоного зміщення у спектрі далекої галактики є водночас і мірою віддалі до неї, і мірою часу, який минув відтоді, коли вона випустила той сигнал, що ми зараз сприймаємо. Спостерігаючи все віддаленіші галактики, ми зазираємо у їхнє минуле, бо бачимо їх такими, якими вони були мільйони й мільярди років тому.

Походження і розвиток Всесвіту

1. Загальна теорія відносності — наріжний камінь моделі. Всі уявлення про будову та виникнення Всесвіту, що з'явилися у людства до 20-х років XX ст., можна вважати теоретичними міркуваннями, бо спостережні 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.

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 частинах Всесвіту простір по-різному викривлений, і час протікає з різною швидкістю.

У загальній теорії відносності (ЗТВ) Ейнштейна гравітація - не сила (що дивовижно на перший погляд), а тільки викривлення простору-часу. Тіла рухаються по викривлених траєкторіях не тому, що на них діє сила гравітації, - вони рухаються найкоротшим, «найшвидшим» шляхом у викривленому просторі-часі. А викривляють простір-час матеріальні тіла, подібно до того, як масивна кулька прогинає натягнуту плівку.Матерія за Ейнштейном не занурена у незалежний від неї простір-час, а нероздільно пов'язана з ним і, більше того, визначає його параметри. Звісно, може так статися, що через деякий час положення ЗТВ будуть відхилені в результаті більш досконалих
експериментів, але поки що на рубежі тисячоліть вона є наріжним каменем моделі Всесвіту.

У 1922 році німецький журнал «Цайт-шрифт фюр фізік» надрукував статтю радянського вченого О. Фрідмана, в якій він аналізував космологічну теорію Ейнштейна. На відміну від Ейнштейна, який всупереч власним висновкам із ЗТВ відстоював стаціонарність Всесвіту, на основі уважного аналізу рішення рівнянь Ейнштейна 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! пульсуючий. Всі ці варіанти мають те спільне, що в якийсь момент часу в минулому (10 чи 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.

В теоретичному плані сингулярність відображає «особливий» фізичний стан, у якому густина речовини, кривизна простору-часу і температура нескінченні: вся надгаряча космічна матерія буквально зібрана в точку.Процес переходу космічної матерії з цього «точкового» стану на стадію розширення і є Великим

Вибухом. Від цієї часової межі починається історія нашого Всесвіту. Що передувало Великому Вибуху -невідомо, бо людський розум поки що безсилий підняти завісу над таємницею початкової сингулярності.

Отже, в момент Великого Вибуху розміри Всесвіту були близькими до нуля, менші за 10~33 см, а всі чотири фундаментальні сили природи - гравітація (характерна для кожного тіла і залежна від його маси чи енергії), електромагнітна (об'єднує електрично заряджені частинки), слабка (властива для все-проникних нейтрино) і сильна (об'єднує протони і нейтрони в ядрі атома) - були об'єднані.Відлік часу починається від 10"" с. У цей час, згідно з припущеннями, гравітація відділяється від трьох інших фундаментальних сил, а вони за надзичайно високої енергії утворюють єдину силу.
Період від 10^-43 с до 10^3 с називається епохою Великого об'єднання. До кінця цієї епохи, за теоретичними міркуваннями, деякі області Всесвіту переохолодилися і знаходились в особливому стані, який називається псевдовакуумом або «хибним вакуумом».

У звичайному розумінні 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.

Таке 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. Такі частинки виникають з «нічого», з порожнечі, набуваючи скороминуще буття, перш ніж знову зникнути. І як би ми не намагалися спустошити простір, у ньому завжди буде рій таких частинок.

Отже, в першу мить народження Всесвіту гравітаційне відштовхування переважало над гравітаційним тяжінням, під дією анти-гравітаційних сил вакууму і почалось його розширення. Воно відбувалось так стрімко, що отримало спеціальну назву — роздування або 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.

Кожні 10~34 с Всесвіт подвоював свої розміри — роздування йшло вибухоподібним чином. А це і є Великий Вибух!
Але 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, за рахунок того поштовху, що був наданий у період інфляції.

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 1027 К і сильна взаємодія відділилася від слабкої та електромагнітної. Від цього моменту і почалась історія гарячого Всесвіту.
Тоді ж 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. Цей факт має надзвичайно важливе значення, бо, як відомо, важкі частинки входять до складу атомних ядер хімічних елементів. І якби всіх частинок було порівну, то після їхньої анігіляції жодного атомного ядра не змогло б утворитися, і той Всесвіт, який ми знаємо, не існував би.

Деякий час Всесвіт перебував у так званому рівноважному стані. Відбувалось народження та анігіляція частинок з античастинками з виділенням енергії у вигляді 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! У Всесвіті залишилась тільки речовина, а антиречовина зникла.

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

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 відділилось від речовини і у вигляді фотонів розлетілося у просторі. Всесвіт став прозорим.Настала наступна ера в історії Всесвіту - ера речовини, яка триває і дотепер.

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

космічного або реліктового випромінювання. От тільки відтоді через триваюче розширення воно значно охолодилось і, за розрахунками, мусить мати температуру біля 3 К.

Ще в 40-х роках XX ст. Г. Гамов передбачив існування реліктового випромінювання. А 1965 р. А. Пензіас 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 вдень, і вночі, і впродовж 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 Гайовим. Його температура виявилася рівною 2,73 К. Таким чином, гіпотеза «гарячого» Всесвіту отримала спостережне підтвердження.
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 кожну з них групою, а розширення проявлялось у зростанні відстані між ними. Велетенські й 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).

Домашнє завдання: дайте письмово відповіді на запитання.

1. Що таке епоха Великого об'єднання?
2. Яка дивовижна властивість вакууму, за сценарієм розвитку Всесвіту, зіграла вирішальну роль у його творенні?
3. Що таке реліктове випромінювання?
4. Чому вміст гелію в речовині є доказом правильності моделі «гарячого» Всесвіту?
5. Яка мета ставиться при побудові космологічної моделі?
6. Чому параметр густини речовини такий важливий для долі Всесвіту?
7. У чому суть проблеми «прихованої» маси?
8. Як Ви розумієте поняття «абсолютний горизонт»?

ЗВЕРНІТЬ УВАГУ! Роботу виконувати у робочому зошиті , фотографувати і надсилати на електронну адресу ntalavera@ukr.net , у темі листа вказувати – ПІБ, номер групи. Зошити зберігати до закінчення терміну карантину.