

ВСТУП

*Навчіть мене спокою свого, о зорі!
Ви, неба осяявши звід неозорий,
Щезаєте вранці, мов слід на воді,
Та старість і смерть вічним вам не страшні.*

Ральф Волдо Емерсон

В епоху прискорювачів частинок і космічних телескопів складно навіть уявити собі, що колись ми розгадували найбільші таємниці космосу, просто дивлячись угору. Погляньте на нічне небо. Що ви там побачите? Якщо вам пощастило мешкати в місці з мінімальним світловим забрудненням — найпевніше, це буде розлитий по всьому небосхилу Чумацький Шлях. Або ж просто повня. Хоча загалом найхарактернішою рисою нічного неба є те, що воно темне. Але чому? Таке коротеньке слово, і скільки всього за ним криється.

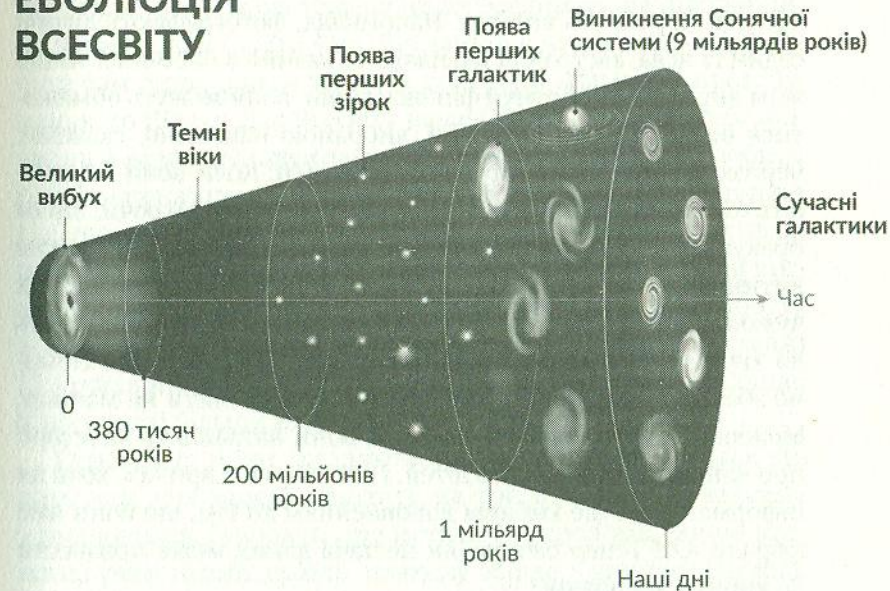
Віками натурфілософи, фізики, астрономи й навіть поети міркували, чому небо чорне. Не маючи доказів протилежного, вони вважали, що Всесвіт нескінченний у просторі та часі. Фотометричний парадокс, який сформулював німецький астроном Генріх Вільгельм Ольберс, звучить так: якщо Всесвіт вічний у часі та незмінний у просторі, отже, куди не глянь, погляд скрізь мав би натрапляти на зірку. Це питання захопило уяву багатьох, навіть самого Едгара Аллана По, який у прозовій поемі «Еврика» 1848 року писав: «Якби кількість зірок була нескінченна, небо рівномірно світилося б, як, наприклад, наша галактика, позаяк на небосхилі не було б жодного клаптика без зірки».

Небо справді мало б скрізь світитися яскраво, як Сонце, але це не так, адже в такому разі нам би не знадобилося вуличне освітлення. Тож покоління за поколінням ми міркували, чому з настанням ночі небо темніє. Щоб позбутися цього

парадокса, треба відкинути припущення, на яких він заснований. У нашому випадку неправильні обидва — і про нескінченний вік, і про стаціонарність Всесвіту. Наш Всесвіт виник унаслідок Великого вибуху, з якого почалося розширення простору й часу. Інакше кажучи, теорія Великого вибуху передбачає, що Всесвіт зародився у певний момент (себто він не вічний), а також що він розширюється (себто змінюється в просторі). І це розв'язує наш парадокс: попри те, що від Великого вибуху сплило цілих 14 млрд років, цього часу все ж недостатньо, щоб заповнити зірками все нічне небо. Навіть на знімках глибокого космосу з телескопа «Габбл» видно, що галактики займають невелику частину зображення, і в кожній із них — мільярди зірок. Відкидання припущення про вічний Всесвіт тягне за собою грандіозні наслідки. Всесвіт мав свій початок, а отже, в ньому були не просто зорі, а перші зорі, а після них — зорі другого та третього покоління. Ми перебуваємо тільки на одному з етапів набагато більшого життєвого циклу космосу (малюнок 1) і можемо тішитися, що непогано цей цикл розуміємо. Ми спостерігаємо за молодими і старими зорями, за галактиками, що виникли в сиву давнину, і за тими, що сформувалися зовсім недавно. У наші часи ми маємо безпрецедентний доступ до Всесвіту та його історії, а наші можливості заповнити прогалини в знаннях зростають зі швидкістю світла. Астрономія еволюціонувала від навігаційного інструменту для давніх цивілізацій до хобі для допитливих багатіїв і, зрештою, до екзистенційного вчення, що розповідає нам про Всесвіт. Вона аж надто сильно вкорінилася в наше повсякдення: якщо раніше ми святкували відкриття нових зірок і галактик, то сьогодні заледве підіймаємо брову, коли знаходять нову планету. Еволюція Всесвіту відома нам аж до моменту його народження — Великого вибуху. У нас безліч даних... яких, однак, недостатньо. Попри дивовижний технологічний прогрес, ще зовсім донедавна ми нічого не знали про один із найбільш ранніх періодів у історії Всесвіту — від 380 тисяч років з Великого вибуху й до 1 млрд

років після нього панували Темні віки. Всесвіт був темним і порожнім, аж тут, менш як за 200 млн років після Великого вибуху, запусився ланцюг ядерних реакцій, і спалахнула перша зірка, випромінивши світло й тепло в порожній навколишній простір. Загорілася одна зоря, за нею — інша, і так тривало, доки в небі не зажеврило перше світло. Планет іще не було, тому не існувало нікого, хто міг би порадіти народженню перших зірок і пожуритися їхній майже миттєвій загибелі. Щойно в небі запалахотіло друге покоління зірок, як перше швидко кануло в Лету, однак саме їхня поява підготувала Всесвіт до того різючого розмаїття структур і життя, яке ми спостерігаємо нині. Відсутність даних з епохи перших зірок непокоїть вашу місцеву астрофізикиню з двох причин.

ЕВОЛЮЦІЯ ВСЕСВІТУ



Малюнок 1. Нам бракує відомостей про Всесвіт від приблизно 380 тисяч до 1 млрд років після Великого вибуху

1. Нестача даних = хибні висновки

Найперше — дані на таких масштабах дуже важливі. У будь-якій ситуації брак даних створює проблему, адже саме завдяки їм ми ухвалюємо рішення й набуваємо знань. Недостатність даних може призвести до неповного, ба навіть неправильного розуміння питання, а то й узагалі до грубих помилок. Уявімо собі, ніби жителі сусідньої з нами галактики Андромеди вирішили вивчити цикл людського життя. Якщо ці іншопланетні дослідники подібні до земних, отже, вони тяжко працюють і залежать від примх фінансових організацій, що виділяють їм на дослідження кошти й визначають час, за який ці кошти слід витратити. Наші прибульці не мають змоги збирати дані, спостерігаючи за землянами впродовж 30 років, тому вдаються до методу, яким послуговуються всі вчені, що вивчають великі популяції: роблять вибірку. Наприклад, фотографують дитячі садки та ясла, австралійські пляжі та казино в Лас-Вегасі. Якщо ж їм вирішать скоротити фінансування, вони можуть обмежитися всього однією локацією, вибраною навмання, скажімо, чергою на «Космічну гору» в Діснейленді. Коли вони отримають ці дані, то почнуть їх аналізувати, навіть не знаючи, що їм бракує значної групи населення, а саме вагітних і людських дитинчат віком до семи років. На превеликий жаль для наших чужопланетних дослідників, неповні дані часто призводять до хибних висновків. Без згаданих вище груп їм буде складно збагнути життєвий цикл людини і легко зійти на манівці. Можливо, опрацьовуючи джерела, вони натраплять на історії про чаплю, що приносить дітей, і вигукнуть «Еврика!», хоча ця інформація й буде хибним доповненням до тієї, що вони вже зібрали. Ох! Тепер бачите, як нестача даних може призвести до хибних висновків?

Із нашого, людського, погляду, неповні космологічні дані — те саме, що й нестача знань про людське життя від моменту зачаття до походу в перший клас для іншопланетян. Як порівняти з повним життєвим циклом, це, здавалося б, дрібниця,

та коли зважити, наскільки ці роки визначальні для людей, стає ясно, чому астрофізики так переймаються дрібкою даних про Темні віки, коли вивчають історію нашого Всесвіту. До яких хибних висновків дійшли ми стосовно зірок, що оточують нас, або ж теперішньої поведінки Всесвіту лише через те, що нам бракує цих даних?

Утім, є ще одна причина, чому вашу місцеву астрофізикиню тривожить нестача даних.

2. Епоха перших зірок унікальна

Перші зірки — це не перше видання «Гаррі Поттера», де та сама історія надрукована на старіших сторінках. Перша зоря — це окремий вид, відсутня ланка, сліди якої могли й не дійти до наших днів. Але ж усі зірки однакові, хіба ні? Он у нас під боком є ціла зоря, тож, якщо зосередимося на ній єдиній, це збереже нам багато часу. Вигляньте в нічне небо — і побачите там лише кілька тисяч із декількох мільярдів зірок Чумацького Шляху. Для Всесвіту наше Сонце — цілком собі звичайна й нічим не примітна зоря. Та навіть якщо так, робити узагальнення про всі зірки, ґрунтуючись на вивченні тільки тієї, що найближча до нас, — це те саме, якби наші іншопланетні дослідники вивчили тільки одну людину й дійшли висновку, що все людство має ім'я Елвіс, метр вісімдесят зросту й любить бутерброди з арахісовим маслом. Лише за останні 250 років ми зрозуміли, що не всі зірки такі самі, як Сонце, й насправді більшість із них відрізняється від нього.

Переважно зірки складаються з водню та гелію, однак видимі нам зорі можна поділити на три популяції за вмістом у них металів. Говорячи про метали в астрономії, ми не маємо на увазі золото, срібло, платину або що в чистому вигляді. Коли подивитися на розмаїття елементів у Всесвіті, найбільша частка припадає на водень і гелій. Через це, а ще через те, що астрофізики звикли заокруглювати астрономічні відстані та проміжки часу, ми заокруглили й періодичну таблицю

хімічних елементів. Оскільки я і сама астрофізикиня, то в цій книжці всі елементи, які не є воднем та гелієм, називатиму металами. Для наочності на *малюнку 2* наводжу періодичну таблицю елементів астрофізика, накладену на традиційну.

Та повернімося до популяцій. Коли Всесвіт тільки-но виник, його наповнювали переважно водень і гелій. Будь-які важчі елементи з'явилися в гарячих горнилах зірок або енергетичних вибухах, що обривали їм життя. З кожним новим поколінням зірок газ дедалі більше насичувався металами й дедалі більше металів відкладалося в наступних поколіннях зірок, що формувалися із цього газу. Наймолодше покоління, популяцію I, складають молоді зірки, що мають у собі багато металів. Вони яскраві, гарячі й примостилися у дисках галактик. Зорі популяції II старші й містять менше металів. Вони розташовані ближче до центру та в зовнішньому гало галактики. Не треба багато уяви, щоби продовжити логічний

Астрофізика

ПЕРІОДИЧНА ТАБЛИЦЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Водень ← Гелій →

H	He																
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ta	W	Re	Os	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Малюнок 2. Періодична таблиця астрофізика, накладена на періодичну таблицю хіміка

Малюнок 2. Періодична таблиця астрофізика, накладена на періодичну таблицю хіміка

рядок і запитати: а як щодо найстаріших зірок — тих, у яких взагалі немає металів і з яких усе почалося? Де вони? Ці перші зорі утворили перші метали, засіявши Всесвіт і уможлививши формування галактик. Вони не мали у своєму складі металів, і їх відносять до зірок популяції III¹.

Зорі популяції III були древніми гігантами, такими собі космічними мамонтами, й мали в кількисот разів вищу масу, ніж у нашого Сонця. Життя їхнє було коротким: лічені мільйони років проти життєвих циклів у 10 млрд років менш масивних зірок, як-от Сонце. Відповідником такого життєвого циклу в антропології могло би стати відкриття людиноподібного доісторичного виду, який би досягав зрілості й помирав усього за три дні від народження. Та навіть за таке коротке життя ті зорі дуже вплинули на Всесвіт. Спалахуючи, вони осявали його, несли в нього світло й метали, з яких потім утворилися зірки, планети та ми з вами.

У процесі роботи над цією книжкою я опублікувала у твіттері знімок, на якому із зосередженим виразом пишу якийсь розділ, тримаючи на плечі свою доньку віком усього п'ять тижнів. Було це приблизно о дев'ятій ранку. О четвертій поплудні я стала почуватися дивно й не могла правильно додати прості цифри, коли допомагала старшій доньці з домашнім завданням. А вже о п'ятій я задихалась у відділенні невідкладної допомоги сусідньої лікарні. У мене стався сепсис — небезпечне для життя захворювання, за якого інфекція пригнічує імунну систему, що призводить до відмови органів і у 20 % випадків — до смерті. Навіщо я це пишу? Частково, бо сподіваюся викликати у вас співчуття, щоб ви таки пішли в книгарню й купили мою книжку: я ж бо мало не померла, пишучи її, тож

1 Контрінтуїтивний порядок нумерації популяцій — наслідок послідовності їхнього відкриття й групування (тут і далі прим. автора, якщо не вказано іншого).