

Повний кінець *на думку астрофізиків

Усі ми хоча б раз замислювалися про кінець світу. Однак сьогодні наші уявлення про нього сформовані значною мірою кінематографом та художньою літературою. У своїй книжці «Повний кінець» Кейті Мак, американська астрофізикиня, розповідає про 5 можливих сценаріїв кінця світу — не лише нашої планети, а й усього Всесвіту, — з наукової точки зору. Ми знаємо, що у Всесвіту був початок. Після Великого вибуху він перейшов від стану надщільності до всеосяжного шару космосу із розпеченої плазми у формі куль — перших зірок та планет. На одній із таких планет за дивним збігом обставин зародилося життя... Але там, де є початок, має бути і кінець. Мак стверджує: він може настати будь-коли, в будь-який день. Що це означатиме для нас і чи є нам сенс складати плани на наступні вихідні, якщо все може раптово скінчитися в один момент?

ПОВНИЙ КІНЕЦЬ

на думку астрофізиків

КЕЙТІ МАК



ПЕРЕКЛАДАЧКА
АНАСТАСІЯ ДУДЧЕНКО

Повний кінець

Katie Mack

The End of Everything

(Astrophysically Speaking)

Scribner

New York · London · Toronto · Sydney · New Delhi

2020

Кейті Мак

Повний кінець

(На думку астрофізиків)

Переклала з англійської
Анастасія Дудченко

Лабораторія
Київ
2021

УДК 524.8
М15

Мак Кейті

М15 Повний кінець (На думку астрофізиків) / пер. з англ. Анастасія Дудченко. — К. :
Лабораторія, 2021. — 192 с.

ISBN 978-617-7965-90-8 (м'яка обкладинка)
ISBN 978-617-7965-91-5 (електронне видання)
ISBN 978-617-7965-92-2 (аудіокнига)

Усі ми знаємо, що у Всесвіту був початок. 13,8 мільярда років тому Великий вибух породив перші зірки, планети й галактики. Щонайменше на одній планеті зародилось та еволюціонувало життя, а його кволі двоногі представники сьогодні постять котиків, читають книжки про популярну фізику й будують ракети, щоб колонізувати інші планети. Дивовижа, правда?

Але чим це все може закінчитися? Насправді Земля приречена — без варіантів. Через 5 мільярдів років Сонце перетвориться на червоного гіганта, розшириться й захопить Землю. Чи можна зазірнути за межі Сонячної системи й передбачити, яким буде кінець щодого Всесвіту?

Американська космологиня Кейті Мак стверджує: для нас усе може скінчитися в будь-який момент. Вона подає п'ять можливих сценаріїв кінця світу з астрофізичного погляду. Але крім суто наукових пояснень авторка занурюється у глибші матерії: що все це означає для нас, людей? Якщо кінець усього може настати вже завтра, то чи є сенс виносити сміття зранку?

УДК 001.18+008

Перекладено за виданням: Katie Mack. *The End of Everything (Astrophysically speaking)* (New York: Scribner, 2020; ISBN 978-1-9821-0354-5). Авторка дякує Фонду Альфреда Слоуна і Програми популяризації науки за щедру підтримку цієї книжки й досліджень для неї.

Літературна редакторка *Наталія Кулик*. Наукова редакторка *Анастасія Скорих*. Коректорка *Юлія Карпета*. Верстальниця *Олена Білохвост*. Технічний редактор *Микола Климчук*. Художня редакторка *Оксана Паджій*. Дизайн обкладинки *Олексій Пильов*. Завредакції *Катерина Малько*. Відповідальний за випуск *Антон Мартинюк*.

Підписано до друку 02.08.2021. Формат 60×90/16. Друк офсетний. Тираж 2000 прим.
Замовлення № 603154. Надруковано в Україні видавництвом «Лабораторія»
у ТОВ «Конві Прінт», вул. Антона Цедіка, 12, м. Київ, Україна, 03680.
Свідоцтво ДК № 6115 від 29.03.2018. Термін придатності необмежений.

ТОВ «Лабораторія», пр. Степана Бандери, 6, м. Київ, Україна, 04073,
тел. (097) 975-52-23, info@laboratoriya.pro. Свідоцтво ДК № 7100 від 14.07.2020.
Висновок Держ. сан.-епідем. експертизи № 12.2-18-1/28536 від 17.12.2020.

Науково-популярне видання

ISBN 978-617-7965-90-8 (м'яка обкладинка)
ISBN 978-617-7965-91-5 (електронне видання)
ISBN 978-617-7965-92-2 (аудіокнига)

Усі права застережено. All rights reserved.
© 2020 by Dr. Katie Mack
© Дудченко А., пер. з англ., 2021
© ТОВ «Лабораторія», виключна ліцензія
на видання, оригінал-макет, 2021

ЗМІСТ

- [1. Знайомство з космосом](#)
- [2. Від Великого вибуху до сьогодні](#)
3. Велике стискання
4. Теплова смерть
5. Великий розрив
6. Розпад вакууму
7. Відскок
8. Майбутнє майбутнього
9. Епілог

Подяки

Про авторку

1. Знайомство з космосом

Хтось каже: світ згорить в огні;
Хтось: піде він під лід,
Я їв жаги плоди смачні,
Тому я теж за світ в огні.
Якби зазнав дві смерті світ,
Скажу, бо ненависть я знаю:
Хай краще кане він під лід,
І це мене задовольняє —
Чудовий хід.
Роберт Фрост, 1920¹

Поети й філософи від початку історії сперечаються й дискутують про те, як саме станеться кінець світу. Звісно, тепер — дяка науці — ми знаємо відповідь: вогонь. Однозначно вогонь. Приблизно через п'ять мільярдів років Сонце збільшиться, увійде у фазу червоного гіганта, «проковтне» Меркурій і, можливо, Венеру та перетворить Землю на вкритий магмою скам'янілий вуглик без ознак життя. Ці стерильні останки все одно жеврітимуть і будуть приречені й далі — довіку — літати довкола Сонця, атом за атомом розпорошуючись у завихреннях атмосфери напівмертвої зірки.

Отже, вогонь. Тут ми розібрались. Перший варіант Фроста був правильним.

Але він мислив не досить масштабно. Я — космологиня. Я вивчаю Всесвіт як єдине ціле, у найбільших його масштабах. Якщо дивитися з цього кута зору, то наша планета — крихітна часточка пилу на величезних просторах барвистого Всесвіту. Особисто мене як професіоналку й людину більше хвилює інше: як настане кінець *Всесвіту*?

Ми знаємо, що початок у нього є. Приблизно 13,8 мільярда років тому Всесвіт із матерії разючої щільності перетворився на величезну космічну вогняну кулю, потім почав вистигати й став потужним

потокм матерії й енергії. Так були посіяні зерна зірок і галактик, які ми бачимо сьогодні довкола. На кам'янистій планеті, що літала по орбіті навколо звичайнісінької зірки ближче до краю спіральної галактики, з'явилося життя, а зрештою й усе інше: комп'ютери, політологія й кволі двоногі ссавці, які у вільний час любляють читати книжки з фізики.

Але що далі? Що буде в кінці цієї історії? У принципі, смерть планети, і навіть зірки, можна пережити. Цілком можливо, що через мільярди років людство все ще існуватиме — правда, зовсім не в такій формі, як тепер. Воно може освоїти віддалені куточки космосу, знайти собі нові домівки та збудувати нові цивілізації. Але смерть Всесвіту пережити не вийде. Якщо кінець все-таки настане — що це означатиме для нас і всього довкола?

Ласкаво просимо на кінець світу

У світі існує багато класичних (і надзвичайно захопливих) наукових праць, однак термін «есхатологія», наука про кінець усього, я вперше зустріла, коли читала про релігію.

Есхатологія — точніше, кінець світу — прекрасно пов'язується з теологічними системами багатьох світових релігій. Вона допомагає їм максимально ефективно донести свої головні тези. У християнства, юдаїзму й ісламу багато відмінностей, але є дещо спільне: коли прийдуть «останні дні», у світі нарешті все стане на свої місця, добро перемаже зло, а ті, хто любив Бога, отримають свою винагороду². Найімовірніше, обіцянки майбутнього правосуддя потрібні, щоб перекрити той незручний факт, що люди, які живуть правильно, не можуть покладатися на наш неідеальний, несправедливий, самочинний реальний світ. Останній розділ книжки може зробити її легендарною, а може стати останнім цвяхом — і так само більшості релігійних філософій ніби як потрібен кінець світу, і щоб він обов'язково був «справедливим», бо інакше в існуванні світу взагалі немає сенсу.

Звісно, тема спокутування гріхів присутня не в усіх есхатологіях і не всі релігії пророкують кінець світу. Довкола мая в грудні 2012 був хайп, але насправді вони — й індуїсти теж — вважали, що Всесвіт — річ циклічна і конкретної дати кінця в нього немає. В обох віруваннях

цикли — це не просто повторення того самого. Завжди є шанс, що наступного разу все складеться інакше: сьогодні в цьому світі ти страждаєш, і це погано, але не хвилюйся — буде новий світ, кращий, не спотворений шрамами нинішнього беззаконня. Спектр нерелігійних версій кінця світу теж досить широкий: від нігілістської позиції, що взагалі ніщо не важливо (і світ зрештою просто стане нічим), до запаморочливого уявлення про вічну рекуренцію, де все, що відбувається тепер, відбуватиметься й у майбутньому, і триватиме так довіку³. А взагалі ці дві нібито протилежні теорії часто пов'язують із Фрідріхом Ніцше, який, після того як проголосив мертвими всіх богів, які могли б принести у Всесвіт порядок і надати сенсу його існуванню, почав думати, що тоді ми живемо в космосі, де акту спасіння не відбудеться, і з цього можна зробити певні висновки.

Звісно, над тим, для чого все існує, замислювався не лише Ніцше. Усі — від Арістотеля до Лао-цзи, де Бовуар, капітана Кірка й Баффі-переможниці вампірів — на певному етапі ставили перед собою питання: а що все це означає? На момент написання цієї книжки однозначної відповіді немає.

Незалежно від того, чи прихильні ми до певної філософії або релігії чи ні, якби ми знали, яку долю нам приготував космос — якось інакше почали б дивитись на своє існування чи навіть узагалі на життя. Це важко заперечити. Якщо ми хочемо знати, чи є взагалі сенс робити те, що ми робимо, перше запитання завжди таке: а до чого це приведе? І якщо на нього є відповідь, одразу виникає наступне: що це означає для нас тепер? Якщо одного дня весь Всесвіт загине, то чи справді треба виносити сміття наступного вівторка?

Я й сама бачила на своєму віку немало релігійних і філософських текстів. У своїх дослідженнях я дізналася багато приголомшливих фактів, але сенс існування Всесвіту, на жаль, одним із них не був. Запитання й відповіді, до яких мене завжди тягнуло найсильніше, — це ті, де можна застосувати наукові спостереження, математику й речові докази. Інколи дуже хотілося знайти книжку, де для мене вже розписали б сенс життя й усе, що в ньому було і буде. Але я знала, що повірю тільки в таку правду, яку можу вивести математично.

Підвести очі

Відтоді, як людство вперше замислилось про свою смертність, минули тисячоліття. Філософська частина питання лишилась такою ж, як була, але з'явилися нові інструменти, які допомагають на нього відповісти. Сьогодні наше майбутнє й доля всієї нашої реальності — питання винятково наукове, і відповідь спокусливо близька. Так було не завжди. У часи Роберта Фроста в астрономії йшли запеклі дебати про те, чи перебуває Всесвіт у стійкому стані, тобто чи завжди він був і буде такий, як є. Було приємно думати, що наш космічний дім стабільний і гостинний, що це безпечне місце, де можна зустріти старість. Однак, коли з'явилася теорія Великого вибуху і вчені дізналися, що Всесвіт постійно розширюється, цей варіант довелося відкинути. Наш Всесвіт змінюється, і ми тільки-но почали проводити спостереження й працювати над теоріями, щоб розібратись, як саме він це робить. Відкриття останніх кількох років, навіть місяців, нарешті дали нам змогу побачити картину далекого майбутнього космосу.

Цю картину я хочу показати вам. Найкращі з тих цифр, що в нас є, вказують на всього кілька сценаріїв апокаліпсису. Частина з них може підтвердитись чи відпасти після спостережень, які ми робимо просто зараз. Коли ми будемо розбирати ці варіанти — зможемо побачити, на що здатна сьогодні передова наука, а також по-новому подивитись на людство. І мені здається, якщо дивитись на нього з такого кута зору — то можна порадіти за нас навіть перед лицем повного знищення. Ми — вид, що балансує між розумінням, що в кінцевому підсумку він нічого не вартий, і можливістю зазирнути далеко за межі свого повсякденного життя, у вакуум, і розв'язати найфундаментальніші загадки космосу.

Якщо перефразувати Толстого, усі щасливі всесвіти схожі між собою, усі нещасливі всесвіти нещасливі по-своєму. У цій книжці я розповім, наскільки різними шляхами ми можемо піти в майбутньому, якщо наші сьогоднішні неповні знання про космос зовсім трішечки розширяться — про Всесвіт, який може схлопнутися, розірватися, мало-помалу перетворитися на бульбашку загибелі, яка постійно зростатиме і з якої не буде виходу. Поки ми вивчатимемо еволюцію сучасного розуміння Всесвіту й варіантів його кінця та намагатимемось усвідомити, що це означає для нас, ми познайомимось

із найважливішими концепціями фізики й побачимо, як вони пов'язані не лише з космічними апокаліпсисами, а і з фізикою наших буднів.

Квантифікуємо вирок космосу

Звісно, у деяких із нас і так уже тільки й розмов, що про космічні апокаліпсиси.

Я чітко пам'ятаю момент, коли дізналася, що Всесвіту в будь-яку мить може не стати. Ми з іншими студентами курсу астрономії сиділи на підлозі у вітальні професора Фінні, а сам професор сидів на стільці й тримав на руках свою трирічну дочку. Він пояснював, що космічна інфляція, тобто момент, коли Всесвіт на зорі існування раптом швидко розширився — величезна загадка, що ми й досі уявлення не маємо, чому це почалося й чому скінчилось, і ніхто не може гарантувати, що це не станеться знову, просто зараз. Ніхто не міг пообіцяти, що просто в той момент, коли ми сиділи у вітальні й безвинно пили чай і поїдали печиво, не почнеться швидке розширення космосу, пережити яке нам не судилося.

Я була в повному ступорі, у мене ніби вибили підлогу з-під ніг. У пам'яті навічно закарбувалася картина: переді мною сидить маленька дитина, совається собі серед всього цього космосу, який раптом став нестабільним, а професор злегка усміхається й перемикається на іншу тему.

Тепер я вже науковиця з досвідом і я розумію, чому він так усміхнувся. Осмислювати такі потужні й неспинні процеси, які однак можна бездоганно описати за допомогою математики — смертельно захопливо. Варіанти майбутнього нашого космосу окреслені, прораховані й зважені за ймовірністю на основі найкращих даних з усіх, що в нас є. Можливо, ми не знаємо точно, чи може зараз початися нова жорстока космічна інфляція, та якщо почнеться, у нас наготові всі потрібні рівняння. До певної міри ця думка заспокоює: ми — плюгавенькі безпорадні людиська, у нас немає ані шансу вплинути на кінець космосу чи змінити його, але ми хоча б можемо почати його розуміти.

Багато інших фізиків дещо пересичуються неймовірними масштабами космосу й силами настільки потужними, що ми не можемо

їх досягнути. Усе це можна звести до математики. Покрутив рівняння й пішов далі займатися чимось іншим. Але той шок і запаморочення від розуміння, наскільки все навколо крихке й наскільки я безсила, лишили на мені відбиток. Коли з'являється можливість стати частиною цього навколокосмічного процесу — це водночас жахає і вселяє надію. Це схоже на те, коли тримаєш на руках новонародженого й відчуваєш тонкий баланс між субтильністю життя й потенціалом досягти такої величі, якої досі й уявити ніхто не міг. Кажуть, що коли астронавти повертаються з космосу на Землю, вони бачать світ інакше. Це «ефект огляду» — вони бачили Землю згори й тепер повною мірою розуміють, наскільки вразливий наш маленький оазис і як сильно нам як виду треба єднатись, адже може бути, що тільки ми в усьому космосі вміємо мислити.

Для мене думати про те, що колись наш Всесвіт зникне — цікавезний процес. Це інтелектуальна розкіш — мати змогу подумки зазирати в найпотаємніші куточки глибокого часу й мати інструменти, щоби зв'язно про це говорити. Коли ми питаємо: «Це все справді може тривати вічно?» — ми непрямо підтверджуємо, що маємо право існувати на цій планеті, віримо, що ще певний час будемо тут жити, підбиваємо підсумки минулого й вивчаємо те, що нам лишилося від предків. Якщо ми визнаємо, що колись усьому настане кінець — у нас з'являється контекст, сенс, навіть надія. Парадоксально, але так ми можемо відійти від своїх дріб'язкових буденних переживань і водночас почати повноцінніше жити в моменті. Можливо, якраз це і є той сенс, якого ми шукаємо.

Ми однозначно наближаємось до відповіді. З погляду політиків світ, може, і розвалюється в певні моменти, але з точки зору науковців — ми живемо в золоту еру. Останні відкриття й нові технологічні і теоретичні інструменти у фізиці дали нам змогу зробити величезні кроки, які до цього були нереальними. Картину того, як утворився Всесвіт, ми формуємо вже не одне десятиліття, але наукові дослідження того, що стане його кінцем, зараз переживають ренесанс. Свіжі дані з потужних телескопів і колайдерів відкрили для нас нові, неймовірно цікаві можливості (хоча водночас вони й лякають) і змінили наше бачення того, що може й навряд чи може статися в процесі еволюції космосу в далекому майбутньому. Прогрес у цьому

напрямку нині невимовно швидкий, і ми дістали змогу постояти на самому краю прірви та вгледітись у непробивну пітьму. Тільки, так би мовити, у кількісному сенсі слова.

Космологія, як одна з галузей фізики, радше не шукає сенс як такий, а відкриває фундаментальні істини. Коли ми точно визначаємо форму Всесвіту, розуміємо, як у ньому розподіляється матерія й енергія, які сили управляють його еволюцією — ми знаходимо натяки на те, як на глибших рівнях влаштована реальність. Прориви у фізиці зазвичай асоціюються з експериментами в лабораторіях, але переважну більшість усього, що нам відомо про фундаментальні закони, яким підпорядковується природа, ми знаємо не із самих експериментів, а тому що розуміємо, як вони пов'язані з тим, що ми спостерігаємо в небі. Наприклад, щоб розібратися в структурі атома, фізикам знадобилося пов'язати результати експериментів із радіацією з патернами спектральних ліній у сонячному світлі. Закон всесвітнього тяжіння, який сформулював Ньютон, ґрунтувався на тому, що на тіло, яке рухається нахиленою площиною, діє та сама сила, яка не дає Місяцю й іншим планетам зійти з орбіт. Зрештою все це вилилось у загальну теорію відносності Ейнштейна, ефектний новий підхід до теми гравітації, правильність якого підтвердили не тільки заміри на Землі, а й спостереження за фокусами Меркурія на орбіті й видимими положеннями зірок під час повного сонячного затемнення.

Сьогодні ми доходимо висновку, що моделі фізики елементарних частинок, розроблені за десятиліття ретельних тестувань у найкращих лабораторіях планети, неповні. Про це нам натякає небо. Ми вивчаємо рухи й розташування інших галактик — космічних конгломерацій, таких як наш Чумацький Шлях, що складається з мільярдів чи трильйонів зірок — і вони показують, що в наших теоріях фізики елементарних частинок є величезні прогалини. Ми поки що не знаємо, яким буде рішення, але точно відомо одне: знайти його нам допоможуть наші дослідження космосу. Об'єднання космології й фізики елементарних частинок уже дали нам змогу визначити базову форму простору-часу, взяти на озброєння компоненти, з яких складається реальність і зазирнути в далеке минуле, до появи зірок і галактик, щоб дізнатися своє походження — не лише як живих істот, а і як матерії в цілому.

Звісно, що це працює в обидва боки. Сучасна космологія дає нам нові знання про дуже, дуже маленькі часточки, і так само теорії та експерименти з фізики елементарних частинок підказують, як влаштований Всесвіт у найбільших його масштабах. У комбінації цих підходів — згори вниз і знизу вгору — і полягає вся суть фізики.

Попкультура зображає науку так, ніби це суцільні евристики й приголомшливі розвороти концепцій на 180 градусів, але кроки вперед у нашому розумінні — це взяти теорії, які вже існують, влаштувати їм якомога жорсткіші перевірки й подивитись, де саме вони перестануть працювати. Коли Ньютон котив м'ячики з гірок і спостерігав, як сантиметр за сантиметром рухаються небом планети, він навіть і близько не міг здогадатися, що колись нам знадобиться теорія гравітації, яка зможе також пояснити викривлення простору-часу біля Сонця чи надпотужні сили тяжіння всередині чорних дір — такі, що й уявити годі. Він навіть і не мріяв, що колись ми зможемо виміряти, як гравітація діє на один-єдиний нейтрон⁴. На щастя, Всесвіт справді дуже великий, і ми можемо проводити спостереження в багатьох екстремальних середовищах. Ба більше — вивчати ранній Всесвіт, часи, коли весь космос був екстремальним середовищем.

Кілька слів про термінологію. Космологія в загальнонауковому сенсі — це наука про Всесвіт як єдине ціле, від початку до кінця, а також про його складники, еволюцію в часі й фундаментальні закони фізики, які ним управляють. В астрофізиці космолог — людина, яка вивчає речі, що розташовані дуже далеко, тому що (1) тут потрібно заглядати досить далеко у Всесвіт і (2) в астрономії розташовані на великій відстані предмети також перебувають далеко в минулому, оскільки світло від них іде до нас довго, інколи мільярди років. Деякі астрофізики вивчають безпосередньо еволюцію або ранню історію Всесвіту, інші спеціалізуються на віддалених об'єктах (галактиках, скупченнях галактик і так далі) та їхніх властивостях. У фізиці космологія може куди сильніше відхилитися в бік теорії. Наприклад, деякі космологи у відділеннях фізичних наук (на відміну від астрономічних) вивчають альтернативні формулювання у фізиці елементарних частинок, які могли застосовуватись до першої однієї мільярдної від однієї мільярдної секунди існування Всесвіту. Інші

досліджують модифікації теорії гравітації Ейнштейна, які стосуються лише таких гіпотетичних об'єктів, як чорні діри, що існують тільки у вищих вимірах простору. Деякі космологи навіть вивчають цілі гіпотетичні всесвіти, які абсолютно точно не наші — ті, у яких космос зовсім іншої форми, інша кількість вимірів та історія. Вони шукають підказок до математичної структури теорій, які, *можливо*, одного дня виявляться релевантними й для нас⁵.

Суть усього цього така: для багатьох різних людей космологія має багато різних значень. Космолог, що вивчає еволюцію галактик, може цілковито розгубитись у розмові з космологом, який досліджує зв'язок квантової теорії поля з випаровуванням чорних дір, і навпаки.

Якщо говорити про мене, то я її люблю в усіх проявах. Я вперше дізналася про космологію років у десять із книжок і лекцій Стівена Гокінга. Він говорив про чорні діри, викривлений простір-час, Великий вибух і купу всього такого, від чого в мене було відчуття, ніби мозок робить зворотне сальто. *Я відірватись не могла*. А дізнавшись, що Гокінг називає себе космологом, вирішила, що це буде і моя професія. За роки роботи я провела дослідження в усіх можливих напрямках: стрибала між фізичним і астрономічним відділеннями, вивчала чорні діри, галактики, міжгалактичний газ, тонкощі Великого вибуху, темну матерію, а також імовірність, що Всесвіт може колись у змиг ока просто перестати існувати⁶. Я навіть певний час пустувала з експериментальною фізикою елементарних частинок — там і згубила молодість: гралася з лазерами в лабораторії ядерної фізики (хай там що записано у справі, та пожежа — не моя провина) і плавала на надувному човні в наповненому водою підземному нейтринному детекторі висотою 40 метрів (до того вибуху я теж ніяк не причетна).

Сьогодні я вже майже на сто відсотків теоретикня — мабуть, так краще для всіх. Це означає, що я не проводжу спостереження чи експерименти й не аналізую дані, хоча частенько роблю припущення, який вони дадуть результат. Переважно я працюю в напрямку, який у фізиці називається феноменологією — це щось між розробкою нових теорій і безпосередньою їхньою перевіркою. Тобто я шукаю нові творчі способи пов'язати гіпотези про структуру Всесвіту, які висувують люди, котрі працюють над єдиною теорією

фундаментальних взаємодій, із тим, що сподіваються побачити в даних астрономи-спостережники та фізики-експериментатори. Це означає, що мені треба багато знати про все⁷, а це достобіса весело.

Обережно, спойлери

Для мене ця книжка — виправдання, щоб зануритися глибше в питання, до чого все це йде, що означає і що ми можемо дізнатися про Всесвіт, у якому живемо. На жодне з них немає однозначної відповіді — питання про долю всього живого досі відкрите, і воно активно досліджується, а висновки можуть дуже сильно змінюватись, якщо ми будемо зовсім трішечки інакше інтерпретувати дані. У цій книжці ми розберемо п'ять варіантів, вибраних за тією ознакою, наскільки часто вони спливають у дискусіях професійних космологів, — копнемо й подивимось, які докази за і проти є в кожного з них.

У кожному сценарії — свій стиль апокаліпсиса, яким управлятиме окремих фізичний процес. Усі вони сходяться в одному: кінець буде. Я прочитала дуже багато всього, та в жодній серйозній літературі з космології не знайшла серйозних припущень, що Всесвіт існуватиме вічно й ніколи не зміниться. Як мінімум, прийде перехідний момент, у ході якого фактично буде знищене все, і принаймні осяжні частини космосу стануть непридатними для життя будь-якої організованої структури. Тому я називатиму це кінцем (прошу вибачення, якщо зачіпатиму почуття випадкових квантових флуктуацій⁸, які можуть це читати). У кількох сценаріях є й натяк на те, що космос може відновитись або навіть повторитись так чи інакше. Однак чи може якось зберегтись хоча б частина інформації з попередніх ітерацій, та й чи може в принципі хоч щось врятуватися під час космічного апокаліпсису — предмет запеклих дебатів, які поки що тривають. Більш імовірно, що кінець існування нашого острівця під назвою «видима частина Всесвіту» справді буде кінцем. І я тут, щоб розповісти вам, як це може статись — і ще кілька речей.

Щоб усі розуміли, що до чого, ми почнемо зі швидкого огляду історії Всесвіту від його появи й до сьогодні. Потім перейдемо до кінця світу. У кожному з п'яти розділів ми розберемо один із варіантів кінця — як він може прийти, який матиме вигляд і як зі зміною наших

поглядів на фізику реальності з'являються нові гіпотези. Ми почнемо з Великого стискання, ефектного космічного колапсу, який станеться, якщо процес розширення, що відбувається зараз, піде у зворотному напрямку. Потім будуть два розділи про апокаліпсиси, пов'язані з темною енергією, — в одному варіанті Всесвіт буде розширюватись вічно й тому поступово стане порожнім і темним, а в іншому він просто розірветься на шматки. Наступний варіант — розпад хибного вакууму, спонтанне утворення «квантової бульбашки смерті»⁹, яка поглине космос. І нарешті, ми насмілимось зайти на спірну територію циклічної космології, зокрема й теорій про додаткові виміри простору, у яких наш космос може цілковито зруйнувати зіткнення з паралельним Всесвітом... І потім це повториться знову, і знову, і знову. У фінальному розділі зберемо до купи все, що дізнались, з'ясуємо думку кількох експертів із «передової» про те, який зі сценаріїв найімовірніший нині, і подивимося, що ще ми можемо дізнатися завдяки новим телескопам і експериментам, щоб раз і назавжди закрити це питання.

Що все це означає для нас, людських створінь, які в усій цій невимовній неосяжності проживають свої дрібнесенькі життя, — зовсім інше питання. В епілозі ми обговоримо, які в нас є перспективи й чи може свідомість як така лишити по собі щось, що продовжить існування й після того, як нас буде знищено¹⁰.

Ми ще не знаємо остаточно, чи настане кінець Всесвіту у вогні, чи це буде лід, чи взагалі щось дивне. Ми знаємо тільки, що світ — неосяжне, прекрасне, справді неймовірне місце, і воно однозначно варте того, щоб ми зі шкіри пнулися, аби якнайбільше про нього дізнатись. Поки ще можемо.

¹ Переклад Оксани Гусевої. — *Прим. пер.*

² Як саме будуть розподілятися винагороди та хто їх отримає — це вже релігії бачать по-різному.

³ Цю думку активно підтримують у класичному серіалі початку 2000-х «Зоряний крейсер “Галактика”» (Battlestar Galactica), хоча у філософські деталі там не вдаються.

⁴ Для цього ми його запускаємо як стрибунець. Серйозно. Спочатку ми охолоджуємо нейтрони майже до абсолютного нуля, потім сповільнюємо до швидкості бігу, а потім робимо так, щоб він стрибав угору-вниз, наче м'ячик для пінг-понгу на столі. Це також нам дещо говорить про темну енергію, оте загадкове щось, яке змушує весь наш Всесвіт розширюватись швидше. Фізика — це просто з глузду з'їхати.

⁵ Прибічники теорії струн створюють багато таких теорій. (Теорія струн — це загальний термін на позначення всіх теорій, де намагаються по-новому пояснити зв'язок гравітації й фізики елементарних частинок, але переважно вся робота в цьому напрямку заснована на математичних обчисленнях, а не на спостереженнях із «реального» світу). Іноді, коли я потрапляю на лекції з теорії струн, мені доводиться стримуватись, щоб не підняти руку й не пояснити, що всі ці обчислення ніяк не пов'язані з *нашим* Всесвітом — просто на випадок, якщо в кімнаті є ще хтось такий само розгублений, якою була я, коли вперше почала ходити на лекції з теорії струн.

⁶ Це, звісно, одна з найцікавіших тем з усіх, над якими я працювала, тому й написала цю книжку. Не знаю, чому вона мені так подобається. Може, це так собі знак.

⁷ А в нас тут ідеться про Всесвіт, тож коли я кажу «все», я реально маю на увазі *ВСЕ*.

⁸ Будь ласка, дочитайте до розділу 4, там любителі «Больцманівського мозку» дістануть по заслугі.

⁹ Технічно, це називається бульбашкою істинного вакууму, і будемо чесними, це звучить не менш зловісно.

¹⁰ Ще один спойлер: перспективи не дуже.

2. Від Великого вибуху до сьогодні

Після початку завжди передбачається — і є обов'язковим — кінець.

Енн Лекі, «Правосуддя на допомогу»

Я обожаю історії про подорожі в часі. У фізиці машин часу легко знайти дрібні недоліки і можна багато вказувати на те, скільки в цих історіях парадоксів. Але є щось дуже приємне в ідеї, що, можливо, колись ми придумаємо фокус, із яким зможемо втрутитись зі своїми знаннями в минуле і майбутнє; що зуміємо зійти з цього потягу під назвою «тепер», який втратив керування й невблаганно несеться вперед до невідомої долі. Лінійний час так зв'язує руки! Це ж просто марнотратство. Чому ми маємо навіки втрачати весь цей час і всі ці можливості просто через те, що стрілка на годиннику пересунулась на кілька градусів? Ми звикли до постійних утисків від часу, але це не означає, що вони нам подобаються.

На щастя, космологія може допомогти. Не в практичному сенсі, звісно, — ми все ж таки говоримо про відносно езотеричний напрямок фізики, який вам ніяк не зарадить, якщо ви вчора забули в потязі парасольку. Радше в тому сенсі, що ваше життя лишиться таким самим, але абсолютно все довкола зміниться назавжди.

Для космологів минуле — не втрачена царина, до якої вже ніяк не дістатись. Це реальне місце, ділянка космосу, за якою можна спостерігати. У минулому ми проводимо більшість робочого дня. Ми можемо, не виходячи з-за столу, подивитися, як розгортались астрономічні події мільйони чи навіть мільярди років тому. І річ не в тому, що космологія знає якийсь фокус — просто така властивість Всесвіту, у якому ми живемо.

Усе зводиться до факту, що світло проходить певну відстань за певний час. Швидкість його велика — десь 300 мільйонів метрів за секунду — але все ж воно не долає відстані в момент. Коли ви вмикаєте ліхтарик, світло, що йде від нього, проходить десь 30

сантиметрів за наносекунду і, відбиваючись від того, на що ви світите, летить до вас із приблизно такою самою швидкістю. По суті, коли ви на щось дивитесь, то зображення, яке ви бачите — тобто світло, яке відбиває об'єкт і яке доходить до ваших очей, — уже трішки втрачає новизну. Людина, яка сидить в іншому куточку кафе, перебуває відносно вас на кілька наносекунд у минулому — це пояснює, чому в неї такий ностальгійний вираз обличчя й такий немодний одяг. Коли ви дивитесь на Місяць — ви бачите його версію трішки більш ніж секундної давності. А зірки на небі взагалі далеко в минулому, від кількох років до тисячоліть.



Рис. 1: Аберційний час (час, за який світло долає відстань). Ми інколи виражаємо відстань у світлових секундах, світлових хвилинах і світлових роках, тому що так зрозуміліше, скільки часу знадобилося світлу, щоб дійти до нас від об'єкта, і відповідно — наскільки далеко в минуле ми заглядаємо. (Усі ілюстрації в цій книжці будуть не в масштабі!)

Ви, мабуть, уже знали, що світло отак запізнюється. Але це відкриває неймовірні можливості. Це означає, що ми, астрономи, можемо подивитись на небо й побачити, як відбувалась еволюція Всесвіту від ранніх років до сьогодні. Ми використовуємо в астрономії поняття «світловий рік» не тому, що це величезна відстань (десь 9,5 трильйона кілометрів), і тому це зручно, а й тому, що так ми розуміємо, скільки років світло йшло від об'єкта, на який дивимось. Зірка на відстані 10 світлових років для нас перебуває на 10 років у минулому. Галактика на віддалі 10 мільярдів світлових років — відповідно на 10 мільярдів років у минулому. Позаяк нашому Всесвіту всього 13,8 мільярда років, то в галактиці на відстані 10 мільярдів світлових років ми можемо побачити, яким він був у молодості. У певному сенсі, дивитися в космос рівнозначно тому, щоб заглядати у власне минуле.

Тут є важливий нюанс, і з мого боку буде негарно про нього не згадати. Побачити *наше* минуле технічно неможливо. Оскільки світло ми бачимо із затримкою, то що на більшій відстані від нас перебуває

об'єкт, то далі він у минулому. Це співвідношення дуже строге: ми не можемо побачити ані своє минуле, ані віддалені галактики в тому вигляді, у якому вони є сьогодні. Що на більшій відстані перебуває об'єкт — то далі він стоятиме на таймлайні космосу.

То як узагалі ми можемо дізнатися щось корисне про власне минуле, якщо в змозі бачити тільки минуле якоїсь іншої галактики — події, які відбувались у давню давнину й у далекій далечині? Відповідь на це запитання зводиться до принципу, який для космології настільки ключовий, що так і називається: «космологічний принцип». Простими словами він звучить так: по суті, Всесвіт усюди однаковий. Очевидно, що в масштабі людства це не працює — для нас усе-таки трішки важливо, де ми є: на поверхні Землі, у глибокому космосі чи в центрі Сонця. Але у величезних астрономічних масштабах, де цілісінькі галактики можуть вважатися окремими нецікавими крапочками, Всесвіт однаковий, куди не глянь, і весь зроблений з одного й того самого¹¹. Ця ідея міцно пов'язана з принципом Коперника — поняттям, яке Миколай Коперник сформулював у XVI столітті та яке спочатку сприймалося як ересь: ми — не «особлива» частина космосу, а просто звичайна крапка, на якій життя легко могло з'явитися випадково. Тож коли ми дивимось на галактику на відстані мільярда світлових років і бачимо її такою, якою вона була мільярд років тому, у Всесвіті, що на мільярд років молодший від нашого зараз, — ми можемо бути цілком упевнені, що *тут* мільярд років тому умови були приблизно такі самі. Насправді до певної міри це можна перевірити шляхом спостережень. Дослідження розташування галактик у космосі показали, що одноманітність, яка витікає з космологічного принципу, зберігається в усьому Всесвіті (принаймні там, куди ми дивились).

Висновок тут такий: якщо ми хочемо більше дізнатися про Всесвіт і умови, у яких сформувалася наша рідна галактика Чумацький Шлях, усе, що треба зробити, — *подивитися на щось, розташоване дуже далеко*.

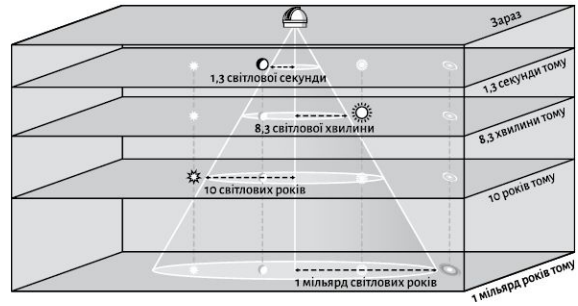
Це означає також, що в космології немає чіткої концепції поняття «зараз». Точніше, ваше «зараз» прив'язане безпосередньо до вас, до того, де ви перебуваєте і що робите¹². Яке значення буде у фразі «ота наднова зараз вибухає», якщо світло ми бачимо зараз і споглядати за

вибухом зірки можемо в цю мить, але те світло йшло до нас мільйони років? По суті, процес, який ми спостерігаємо, — уже далеко в минулому, але що відбувається з тією зіркою, яка вибухнула, у нашому «зараз», ми побачити не можемо і не зможемо ще мільйони років. Тобто для нас її «зараз» — не теперішнє, а майбутнє.

Коли ми розглядаємо Всесвіт у *просторі-часі* — це така собі комплексна універсальна система, у якій простір має три осі, до яких додається четверта, тобто час — минуле й майбутнє перетворюються для нас на точки, розкидані по одній і тій самій тканині, що тягнеться від народження космосу до самого його кінця. Подія, яка для нас — у майбутньому, для людини в іншій точці цієї тканини може бути далеко в минулому. А світло (чи будь-яка інша інформація) від події, яку ми не побачимо ще тисячу років, уже «зараз» летить до нас крізь простір-час. Коли відбулася ця подія — у минулому, майбутньому чи там і там одночасно? Усе залежить від того, як на це подивитись.

Якщо ви звикли мислити категоріями тривимірного світу — у вас зараз, мабуть, ламається мозок¹³. Але для астрономів обмеженість швидкості світла — фантастично корисний інструмент. Так ми можемо дізнатись, що відбувалося в космосі в далекому минулому не за самими лише натяками — слідами й залишками тих подій, а безпосередньо зазирнути в минуле й поспостерігати, як із часом змінювався стан справ. Ми можемо подивитись на Всесвіт, коли йому було всього три мільярди років — побачити період ренесансу формування зірок, коли галактики аж розпирало від світла (а може, і філософії та мистецтва), і поспостерігати, як це світло блякло в міру того, як минали ери. Ми можемо зазирнути навіть ще далі й побачити, як вирує матерія в надмасивних чорних дірах у Всесвіті, якому менш як 500 мільйонів років — у час, коли світло зірок тільки починало пронизувати морок між галактиками.

З новими космічними телескопами ми скоро зможемо побачити одні з перших галактик, що утворилися в космосі — ті, що з'явилися, коли Всесвіту було всього кілька сотень мільйонів років. Але якщо ті галактики були першими — то що буде, якщо зазирнути ще далі?



Кінець безкоштовного уривку. Щоби читати далі, придбайте, будь ласка, повну версію книги.

ridmi
ТВІЙ УЛЮБЛЕНИЙ КНИЖКОВИЙ

КУПИТИ