

# 1 NEW YORK TIMES BESTSELLING AUTHOR

# СТІВЕН ГОКІНГ



## ТЕОРІЯ ВСЬОГО

## ТЕОРІЯ ВСЬОГО

Стівен Гокінг — людина-легенда, науковець, відомий своїми дослідженнями в астрофізиці. Найбільшу популярність здобув завдяки дослідженню чорних дір і виникнення світу внаслідок Великого вибуху. Один із найгеніальніших фізиків від часів Ейнштейна і найвідоміший популяризатор науки. Автор бестселерів «Найкоротша історія часу» та «Великий замисел», володар численних нагород, премій, медалей.

Все — це те, що нас оточує. Те, частиною чого ми є. Час та простір, небесні світила й галактичні провалля. Це — все. Та як воно з'явилося? Як все почалося? І чим все закінчиться? Неперевершений Стівен Гокінг досліджує глибокі питання та знаходить іще глибші відповіді. Пошук первісних чорних дір та модель гарячого Великого вибуху, квантова гравітація і стріли часу, граничні умови Всесвіту й моделі Фрідмана. Книга розкриває уявлення про Всесвіт від постулату про те, що Земля має форму кулі, до теорії про розширення Всесвіту, заснованої на найсучасніших дослідженнях.

Сім лекцій, що охоплюють широкий діапазон тем, — це справжній тріумф людського розуму. Гокінг наблизився до таємниці самої суті творіння. І зміг зазирнути ще далі — до чорного позавимірного серця Всесвіту...

[www.bookclub.ua](http://www.bookclub.ua)

ISBN 978-617-12-6073-3



9 786171 260733

СТІВЕН ГОКІНГ

ТЕОРІЯ ВСЬОГО





# STEPHEN HAWKING



## THE ILLUSTRATED THEORY OF EVERYTHING



New Millennium Press

# 1 *NEW YORK TIMES* BESTSELLING AUTHOR

СТІВЕН  
ГОКІНГ



ТЕОРІЯ  
ВСЬОГО

ХАРКІВ  **КЛУБ**  
**2019**  **СІМЕЙНОГО**  
**ДОЗВІЛЛЯ**

УДК 524.8  
Г59

Жодну з частин цього видання  
не можна копіювати або відтворювати в будь-якій формі  
без письмового дозволу видавництва

Original English language edition published  
by Phoenix Books and Audio

В оформленні обкладинки використано зображення,  
що належить NASA

Перекладено за виданням:

Hawking S. *The Illustrated Theory of Everything. The Origin  
and Fate of the Universe* / Stephen Hawking. — New Millenium Press:  
Beverly Hills, 2003. — 120 p.

Переклад з англійської *Ярослава Лебеденка*

Дизайнер обкладинки *Анастасія Попова*

ISBN 978-617-12-6073-3  
ISBN 978-1-932407-07-3 (англ.)

© Phoenix Books and Audio, 2008.  
All rights reserved  
© DepositPhotos.com / Rastan, об-  
кладинка, 2019  
© Неміго Ltd, видання українською  
мовою, 2019  
© Книжковий Клуб «Клуб Сімейно-  
го Дозвілля», переклад і художнє  
оформлення, 2019



## ЗМІСТ

<i>Вступ</i> .....	6
<b>Лекція перша.</b> Уявлення про Всесвіт .....	8
<b>Лекція друга.</b> Всесвіт, що розширюється....	21
<b>Лекція третя.</b> Чорні діри.....	43
<b>Лекція четверта.</b> Чорні діри не такі вже й чорні.....	71
<b>Лекція п'ята.</b> Походження та доля Всесвіту.....	91
<b>Лекція шоста.</b> Напрямок часу.....	118
<b>Лекція сьома.</b> Теорія всього.....	131
<i>Показчик</i> .....	149
<i>Авторські права на ілюстрації</i> .....	155





## ВСТУП

У цьому збірнику лекцій я спробую окреслити те, що ми вважаємо історією Всесвіту від Великого вибуху до чорних дір. У першій лекції я наведу стислий огляд минулих уявлень про Всесвіт, а також нашого шляху до його нинішньої картини. Це можна назвати історією історії Всесвіту.

У другій лекції я опишу, як теорії гравітації Ньютона та Ейнштейна привели до висновку, що Всесвіт не може бути статичним: він має або розширюватись, або стискатись. Із цього, своєю чергою, випливає, що приблизно десять—двадцять мільярдів років тому мав існувати якийсь час, коли щільність Всесвіту була нескінченною. Він називається Великим вибухом, і він, мабуть, і став початком Всесвіту.

У третій лекції я розповім про чорні діри. Вони утворюються, коли якась масивна зоря (чи ще більше небесне тіло) колапсує сама в себе під дією власного гравітаційного тяжіння. Згідно із загальною теорією відносності Ейнштейна, будь-хто, кому вистачить розуму потрапити в чорну діру, згине там навіки, не маючи змоги вийти з чорної діри. Історія для нього закінчиться в сингулярності, і від того не буде нічого доброго. Однак загальна теорія відносності є класичним уявленням — тобто не бере до уваги принципу невизначеності квантової механіки.

У четвертій лекції я опишу, як квантова механіка дозволяє енергії витікати з чорних дір. Чорні діри не такі вже й чорні, як їх малюють.

## ВСТУП

У п'ятій лекції я застосую ідеї квантової механіки до Великого вибуху та походження Всесвіту. Це підведе нас до ідеї, що простір-час може бути скінченним у розширенні, але безмежним. Тоді виявиться, що він схожий на поверхню Землі, але має два додаткові виміри.

У шостій лекції я покажу, як це нове припущення може пояснити, чому минуле так сильно відрізняється від майбутнього, навіть попри те, що закони фізики симетричні в часі.

Нарешті, у сьомій лекції я опишу, як ми намагаємося знайти якусь об'єднувальну теорію, що охопить квантову механіку, гравітацію та всі інші фізичні взаємодії. Якщо нам це вдасться, ми по-справжньому зрозуміємо Всесвіт і наше місце в ньому.





# ЛЕКЦІЯ ПЕРША



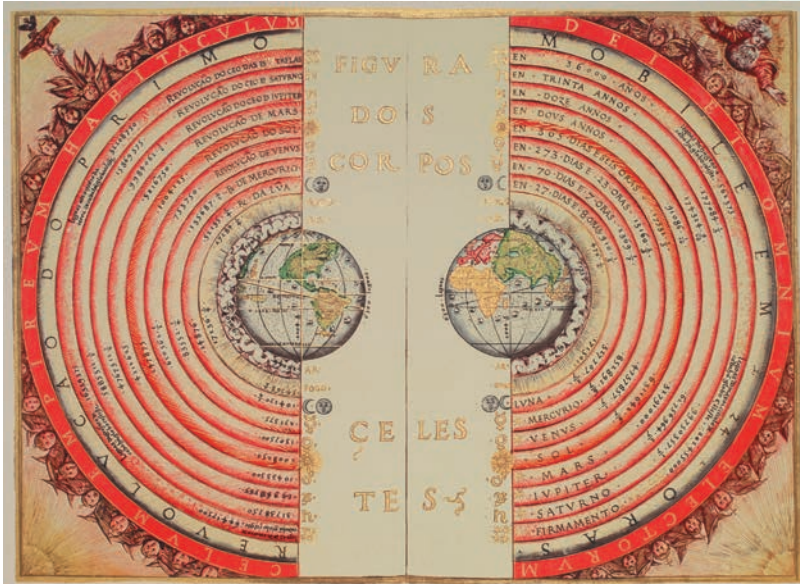
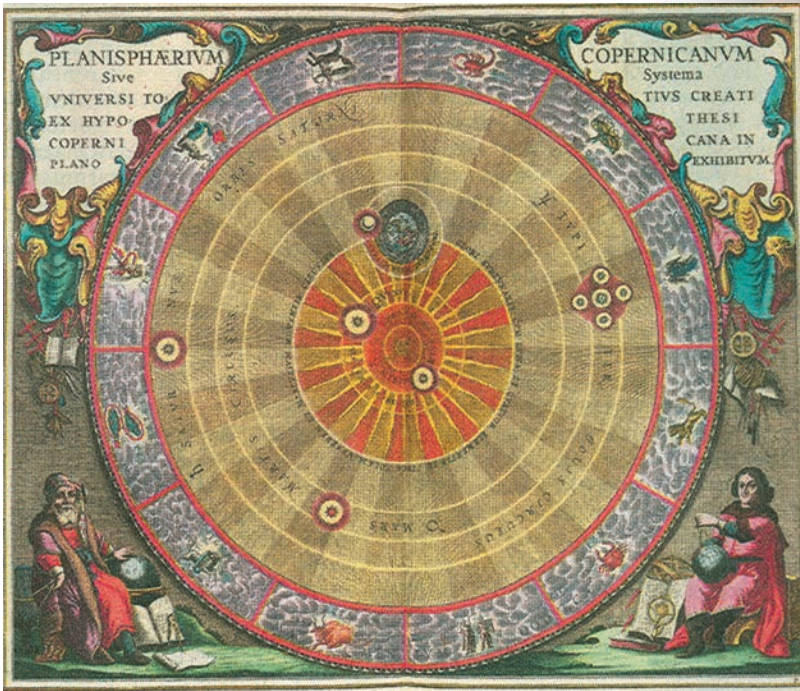
## УЯВЛЕННЯ ПРО ВСЕСВІТ

Ще 340 року до н. е. Арістотель у своєму творі «Про небо» зумів навести два вагомі аргументи на користь думки, що Земля кругла, як куля, а не пласка, як тарілка. По-перше, він усвідомив, що місячні затемнення спричиняються проходженням Землі між Сонцем і Місяцем. Тінь Землі, що падає на Місяць, завжди кругла, а це можливо, лише якщо Земля має кулясту форму. Якби Земля мала форму плаского диска, то ця тінь була б видовженою й еліптичною, хіба що затемнення завжди відбуваються в той час, коли Сонце розташоване прямо над центром диска.

По-друге, зі своїх подорожей давні греки знали, що, коли дивитися в небо на півдні, Полярна зоря з'являється нижче, ніж у більш північних широтах. Із різниці видимого положен-

*Старовинні зображення різних історичних космологічних моделей, що пропонувалися для пояснення рухів планет. На верхній схемі геліоцентрична модель Коперника 1543 року (ілюстрація Андреаса Целларія з трактату «Harmonia Macrocosmica» 1708 р.). З II століття домінуючою моделлю стала геоцентрична (із Землею в центрі). Геоцентричну систему Птолемея ілюструє зображення з «Cosmographia» португальського картографа Бартоломеу Велью (1568).*

ЛЕКЦІЯ ПЕРША. УЯВЛЕННЯ ПРО ВСЕСВІТ



ня Полярної зорі в Єгипті й Греції Арістотель навіть приблизно оцінив довжину кола, що охоплює Землю, у 400 тисяч стадіїв. Якою точно була довжина одного стадія, невідомо, але приблизно вона оцінюється у 180 м. У такому разі оцінка Арістотеля приблизно вдвічі перевищує відоме нині значення.

Давні греки мали ще й третій аргумент на користь того, що Земля повинна бути круглою: інакше чому над обрієм спочатку показуються вітрила корабля, а вже потім — корпус? Арістотель вважав, що Земля нерухома, а Сонце, Місяць, планети й зорі рухаються навколо неї по колових орбітах. Він так думав, бо мав внутрішнє переконання, що Земля є центром Всесвіту, а коловий рух найбільш досконалий.

*Арістотель вважав, що Земля нерухома, а Сонце, Місяць, планети й зорі рухаються навколо неї по колових орбітах.*

У I столітті н. е. Птолемей розвинув цю ідею в цілісну космологічну модель. У центрі була Земля, оточена вісьмома сферами, що несли на собі Місяць, Сонце, зорі та п'ять відомих на той час планет: Меркурій, Венеру, Марс, Юпітер і Сатурн. Самі планети рухалися по менших колах, прив'язаних до відповідних сфер, що мало пояснювати їхні доволі складні траєкторії, спостережувані в небі. Найдалі розташована сфера несла на собі так звані нерухомі зорі, що завжди лишаються в однаковому положенні одна відносно одної, але обертаються разом по небу. Що лежить за межами цієї останньої сфери, залишалося достеменно незрозумілим — ця частина Всесвіту просто не була тоді доступною людству для спостереження.

Модель Птолемея надала досить точну систему передбачення положень небесних тіл.

Однак, щоб передбачити ці положення правильно, Птолемею довелося зробити припущення, що Місяць дотримується траєкторії, яка іноді підводить його вдвічі ближче до Землі, ніж в інший час. А це означало, що Місяць мав іноді видаватися вдвічі більшим, аніж зазвичай. Птолемеєм усвідомлював це слабе місце, проте його модель була прийнята дуже багатьма людьми, хоч і не всіма. Вона була схвалена християнською церквою як картина Всесвіту, що узгоджується зі Святим Письмом. Її великою перевагою було те, що поза сферою нерухомих зір залишалось ще чимало місця для існування раю та пекла.

Однак у 1514 році польський священник Миколай Коперник запропонував значно простішу модель. Спочатку через страх бути звинуваченим у ересі Коперник опублікував свою модель анонімно. Його ідея полягала в тому, що в центрі Всесвіту розташоване нерухоме Сонце, а Земля та планети рухаються навколо нього по колових орбітах. На жаль для Коперника, минуло майже століття, доки цю ідею сприйняли серйозно. Лише тоді два астрономи — німець Йоганн Кеплер та італієць Галілео Галілей — почали публічно підтримувати теорію Коперника, попри той факт, що передбачені нею орбіти не зовсім відповідали спостережуваним. Справжня «смерть» теорії Арістотеля—Птолемея настала в 1609 році. Того року Галілей почав спостерігати нічне небо за допомогою тільки-но винайденого телескопа.

Вивчаючи планету Юпітер, Галілей виявив, що її супроводжують декілька невеличких

*У 1609 році  
Галілей почав  
спостерігати  
нічне небо за  
допомогою  
тільки-но винай-  
деного телескопа.*



супутників, або місяців, які обертаються навколо неї. Це означало, що не все має обертатися безпосередньо навколо Землі, як вважали Арістотель і Птолемей. Можна було, звичайно, і далі вірити, що Земля нерухомо розташована в центрі Всесвіту, а місяці Юпітера рухаються надзвичайно складними траєкторіями навколо Землі, створюючи враження, ніби вони обертаються навколо Юпітера. Проте теорія Коперника була значно простішою.

У той самий час Кеплер видозмінив теорію Коперника, припустивши, що планети рухаються не по колах, а по еліпсах. Тепер передбачення нарешті відповідали спостереженням. Однак для самого Кеплера еліптичні орбіти були лише вузькоспецифічною гіпотезою — і то доволі неприємною, бо еліпси здавались явно менш досконалими, ніж кола. Відкривши (майже випадково), що еліптичні орбіти добре відповідають спостереженням, він марно намагався узгодити їх зі своєю ідеєю, що планети змушені обертатися навколо Сонця під дією магнітного тяжіння.

Пояснення було дане лише значно пізніше, у 1687 році, коли Ньютон опублікував свою працю «Математичні начала натуральної філософії». То була, мабуть, найважливіша індивідуальна робота, будь-коли опублікована в галузі фізичних наук. У ній Ньютон не лише розвинув теорію рухів тіл у просторі та часі, але й розробив математичні інструменти, необхідні для аналізу цих рухів. Окрім того, Ньютон сформулював закон всесвітнього тяжіння, який говорить, що кожне тіло у Всесвіті притягується до кожного іншого силою, тим біль-



шою, чим ці тіла масивніші й чим ближчі вони одне до одного. Це та сама сила, що змушує об'єкти падати на землю. Історія про те, що Ньютона вдарило по голові яблуком, майже напевне вигадана. Сам Ньютон казав лише, що ідея гравітації прийшла до нього, коли він сидів у споглядальному настрої й був вражений, побачивши падіння яблука.

Після цього Ньютон показав, що, згідно з його законом, сила тяжіння змушує Місяць рухатися по еліптичній орбіті навколо Землі, а Землю та інші планети — обертатися еліптичними траєкторіями навколо Сонця. Модель Коперника позбулася небесних сфер Птолемея, а з ними й уявлення про те, що Всесвіт має якісь природні межі. Нерухомі зорі, схоже, не змінюють своїх відносних положень під час проходження Землі навколо Сонця. Відповідно, стало природним припустити, що нерухомі зорі є об'єктами на кшталт нашого Сонця, але значно дальшими. Це створило певну проблему. Ньютон усвідомив, що, згідно з його теорією гравітації, зорі мають притягувати одна одну, а тому, схоже, не можуть залишатися практично нерухомими. Чи не зваляться вони всі разом у якусь точку?

У 1691 році в листі до Річарда Бентлі, іншого видатного мислителя його часу, Ньютон стверджував, що це неодмінно сталося б, якби тільки кількість зір була скінченною. Однак він зауважив: якщо кількість зір, розкиданих більш-менш рівномірно в нескінченному просторі, нескінченна, цього не стається через відсутність центральної точки для їхнього падіння. Цей аргумент є прикладом пасток,

*Ньютон не лише розвинув теорію рухів тіл у просторі та часі, але й розробив математичні інструменти, необхідні для аналізу цих рухів.*

із якими можна зіткнутися, говорячи про нескінченність.

У нескінченному Всесвіті центром можна вважати кожна точку, бо кожна точка має нескінченну кількість зір із кожного боку від себе. Правильним підходом (як стало зрозуміло лише значно пізніше) буде розглянути кінцеву ситуацію, в якій усі зорі звалюються одна на одну. Тоді можна запитати: що зміниться, якщо додати нові зорі, приблизно рівномірно розподілені за межами цього фрагмента простору? Згідно із законом Ньютона, додаткові зорі нічого не змінять, а отже, зорі падатимуть так само швидко. Можна додати скільки завгодно зір, але вони все одно завжди колапсуватимуть самі в себе. Тепер ми знаємо, що неможливо створити нескінченну статичну модель Всесвіту, в якій гравітація завжди притягує.

Цікавим відображенням загального характеру наукової думки до ХХ століття було те, що ніхто тоді навіть не припускав, що Всесвіт розширюється або стискається. Загальноприйнято було вважати, що Всесвіт або існує вічно в незмінному стані, або створений у якийсь скінченний час у минулому більшменш таким, як ми спостерігаємо його тепер. Почасти це могло бути зумовлене схильністю людей вірити у вічні істини, а також утіхою, яку вони знаходили в думці, що навіть якщо самі вони стають старшими й помирають, Всесвіт залишається незмінним.

Навіть ті, хто усвідомлював, що теорія гравітації Ньютона свідчить про неможливість статичного Всесвіту, і на думці не мали, що він



*Хоч колись вважалося, що нескінченна кількість зір може залишатися в рівновазі, бо сили тяжіння між близькими зорями врівноважуються силами відштовхування від далеких зір, нині побутує думка, що така рівновага була б нестійкою. Скупчення П'ять Близнят, одне з наймолодших зоряних скупчень усередині нашої галактики Чумацький Шлях, приречене всього через кілька мільйонів років бути розірване на частини гравітаційними припливними силами всередині галактичного ядра. Утім упродовж свого недовгого існування воно сяє яскравіше за будь-яке інше зоряне скупчення в галактиці.*



*Вид на зорі в нескінченно статичному Всесвіті.*



може розширюватися. Натомість вони намагалися видозмінити цю теорію, роблячи силу тяжіння відштовхувальною на дуже великих відстанях. Це не мало значного впливу на їхні передбачення рухів планет, але дозволяло нескінченному розподілу зір залишатись у рівновазі, тобто сили тяжіння між близькими зорями врівноважувалися силами відштовхування від далеких.

Однак сьогодні ми вважаємо, що така рівновага була б нестабільною. Якщо зорі в якійсь ділянці хоч трохи наблизяться одна до одної, сили тяжіння між ними збільшаться й почнуть домінувати над силами відштовхування. Це означає, що зорі продовжать падати в бік одна одної. З іншого боку, якщо зорі відійдуть трохи далі одна від одної, домінувати почнуть сили відштовхування, розносячи їх іще далі.

Ще одне заперечення проти нескінченно статичного Всесвіту зазвичай приписують німецькому філософу Генріхові Ольберсу. Насправді цю проблему порушували ще багато сучасників Ньютона, а стаття Ольберса 1823 року була навіть не першою, що містила вагомні аргументи на цю тему. Однак вона перша привернула увагу широкої громадськості. Річ у тому, що в нескінченно статичному Всесвіті ледь не кожна лінія прямої видимості мала б закінчуватися на поверхні якоїсь зорі. Таким чином, можна було б очікувати, що все небо сяятиме, наче Сонце, навіть уночі. Контраргумент Ольберса стверджував, що світло далеких зір послаблюється, бо поглинається матерією на його шляху. Однак якби відбу-

*До XX століття ніхто навіть не припускав, що Всесвіт розширюється або стискається.*



валося так, то ця матерія врешті-решт нагрівалась би й починала сяяти не менш яскраво, ніж самі зорі.

*У нескінченно статичному Всесвіті ледь не кожна лінія прямої видимості мала б закінчуватися на поверхні якоїсь зорі.*

Єдиним способом уникнути висновку, що все в нічному небі має бути так само яскравим, як поверхня Сонця, є припущення, що зорі не сяяли вічно, а «ввімкнулися» в якийсь скінченний час у минулому. У цьому випадку матерія-поглинач могла ще не розігрітися на повну або світло далеких зір може ще не дійти до нас. І це підводить до питання про те, що могло спричинити «вмикання» зір насамперед.

## ПОЧАТОК ВСЕСВІТУ

Звичайно, початок Всесвіту обговорюється вже тривалий час. Згідно з низкою раннях космологій у юдейській, християнській та мусульманській традиціях, Всесвіт почався в певний момент, не дуже давній. Одним з аргументів на користь такого початку було відчуття, що для пояснення існування Всесвіту необхідна першопричина.

Інший аргумент подав святий Августин у своєму творі «Про град Божий». Він указав на те, що цивілізація прогресує й ми пам'ятаємо, хто саме здійснив якусь дію чи розробив якийсь пристрій. Отже, і людство, і, можливо, Всесвіт існують не так уже й давно. Інакше ми б досягли вже значно більшого прогресу.

Відповідно до біблійної Книги Буття, святий Августин брав за дату створення Всесвіту VI тисячоліття до н. е. Цікаво, що це не дуже далеко від закінчення останнього льодовико-

вого періоду (приблизно 10 000 років до н. е.), коли насправді почалася цивілізація. З іншого боку, Арістотелю та більшості інших давньогрецьких філософів ідея створення не подобалась, бо в ній відводилася надто велика роль божественному втручанню. Ті вірили, що людський рід і світ навколо існували та існуватимуть вічно. На поданий вище аргумент про прогрес вони відповідали словами про періодичні потопа та інші катастрофи, що раз по раз повертають людську расу до початку цивілізації.

За часів, коли більшість людей вірила в переважно статичний та незмінний Всесвіт, питання про те, чи має він початок, було насправді метафізичним або теологічним. Пояснення могли знайтися для обох варіантів. Або Всесвіт існував вічно, або в якийсь скінченний час йому було надано такого руху, ніби він існував вічно. Однак 1929 року астроном Едвін Габбл зробив знакове спостереження: хоч у якому напрямку дивитись, далекі зорі швидко рухаються від нас. Коротко кажучи, Всесвіт розширюється. Це означає, що в минулому небесні тіла були ближчими одне до одного. І схоже на те, що приблизно 10–20 мільярдів років тому був якийсь час, коли вони всі перебували в одній точці.

Це відкриття нарешті перенесло питання про початок Всесвіту до царини науки. Спостереження Габбла передбачало існування якогось моменту під назвою Великий вибух, коли Всесвіт був нескінченно малим, а отже, мав нескінченну щільність. Якщо якісь події відбувалися раніше за цей час, то вони не могли



вплинути на те, що відбувається в теперішньому. Їхнє існування можна ігнорувати, бо воно не має жодних спостережуваних наслідків.

Можна говорити, що час почався з Великого вибуху, у тому розумінні, що більш ранні часи просто неможливо визначити. Слід підкреслити, що цей початок часу дуже відрізняється від тих, які розглядалися раніше. У незмінному Всесвіті початок часу є чимось нав'язаним іззовні. Фізичної необхідності в такому початку немає. Можна уявляти, що Бог створив Всесвіт буквально в будь-який час у минулому. З іншого боку, якщо Всесвіт розширюється, то можуть існувати фізичні причини, чому в цього обов'язково має бути початок. Можна все одно вірити, що Бог створив Всесвіт у момент Великого вибуху. Він міг навіть створити його пізніше, просто таким чином, щоб здавалося, що був Великий вибух. Проте безглуздо припускати, що Всесвіт був створений до Великого вибуху. Всесвіт, що розширюється, не виключає Творця, але встановлює межі, коли саме Він міг виконати свою роботу.

## ЛЕКЦІЯ ДРУГА



# ВСЕСВІТ, ЩО РОЗШИРЮЄТЬСЯ

Наше Сонце та близькі до нього зорі є частиною величезного зоряного скупчення під назвою галактика Чумацький Шлях. Тривалий час вважалося, що це і є увесь Всесвіт. Тільки в 1924 році американський астроном Едвін Габбл продемонстрував, що наша галактика не єдина. Насправді існує багато інших, із величезними проміжками порожнього простору між ними. Щоб довести це, йому потрібно було визначити відстані до цих інших галактик. Визначити відстань до близьких зір можна, спостерігаючи за зміною їхнього положення в міру обертання Землі навколо Сонця. Однак інші галактики настільки далекі від нас, що, на відміну від близьких зір, здаються зовсім нерухомими. Тому Габбл мусив скористатися непрямыми методами обчислення відстаней.

Нині нам відомо, що видима яскравість зорі залежить від двох чинників: її світності та віддаленості від нас. Для близьких зір можна виміряти як їхню видиму яскравість, так і віддаленість, що дозволяє вирахувати їхню







*Розташована приблизно за 13 мільйонів світлових років від Землі галактика NGC 4214 наразі формує скупчення нових зір зі свого міжзоряного газу та пилу. На цьому отриманому телескопом «Габбл» зображенні ми бачимо послідовність кроків формування та еволюції зір і зоряних скупчень. Наймолодші з цих скупчень розташовані внизу праворуч на зображенні, де виглядають приблизно як кілька яскравих, світляних хмар газу. Молоді гарячі зорі мають на цьому зображенні колір від білуватого до блакитнувато-червоного через високі температури їхніх поверхонь у діапазоні від 10 тисяч до приблизно 50 тисяч градусів за Цельсієм. Зміщуючись від наймолодших скупчень донизу ліворуч, ми виявляємо старше зоряне скупчення. Найбільш видовищною частиною цього зображення, розташованою неподалік від центру NGC 4214, є скупчення сотень масивних блакитних зір, кожна з яких більш ніж у десять тисяч разів яскравіша за наше Сонце.*

світність. І навпаки, якщо знати світність зір інших галактик, можна вирахувати їхню віддаленість, вимірявши видиму яскравість. Габбл стверджував, що існують певні типи зір, які завжди мають однакову світність, коли розта-



## ЛЕКЦІЯ ДРУГА. ВСЕСВІТ, ЩО РОЗШИРЮЄТЬСЯ

шовані достатньо близько для наших вимірювань. Тому якщо виявити такі зорі в іншій галактиці, ми зможемо припустити, що вони мають ту саму світність. Відповідно, можна розрахувати відстань до цієї галактики. Якщо ж можна зробити це для низки зір в одній і тій самій галактиці й наші розрахунки завжди дають однакову відстань, то можна бути цілком упевненими в оцінці. Таким чином Едвін Габбл вирахував відстані до дев'яти галактик.

Сьогодні ми знаємо, що наша галактика є лише однією із приблизно сотні мільярдів, які можна побачити за допомогою сучасних телескопів, причому кожна галактика сама містить майже сотню мільярдів зір. Ми живемо в галактиці, що має діаметр приблизно сто тисяч світлових років і повільно обертається так, що зорі в її спіральних рукавах проходять по орбіті навколо її центру приблизно раз на кожні сто мільйонів років. Наше Сонце є просто звичайною, середнього розміру жовтою зорею поблизу зовнішнього краю одного зі спіральних рукавів. Ми, безумовно, пройшли довгий шлях із часів Арістотеля та Птолемея, коли вважалося, що Земля є центром Всесвіту.

Зорі настільки далекі від нас, що здаються просто цяточками світла. Ми не в змозі визначити їхній розмір чи форму. То як можна розрізнити типи зір? Для переважної більшості існує лиш одна точна риса, яку можна спостерігати, — колір їхнього світла. Ньютон виявив, що якщо світло від Сонця проходить крізь призму, то розбивається в ній на свої кольори-складники (спектр), наче у веселці.

*Визначити відстань до близьких зір можна, спостерігаючи за зміною їхнього положення в міру обертання Землі навколо Сонця.*

Фокусуючи телескоп на окремій зорі чи галактиці, можна аналогічно спостерігати спектр світла від цієї зорі чи галактики.

Різні зорі мають різні спектри, але відносна яскравість кольорів є завжди саме такою, яку можна було б очікувати у світлі, випромінюваному розжареним до червоного об'єктом. Це означає, що за спектром світла зорі можна визначити її температуру. Ми ще й виявляємо, що певні дуже специфічні кольори випадають зі спектрів зір, і ці відсутні кольори можуть різнитися залежно від зорі. Ми знаємо, що кожен хімічний елемент поглинає характерний для себе набір специфічних кольорів. Тому, зіставляючи їх із тими, що відсутні в спектрі зорі, можна точно визначити, які саме елементи є в її атмосфері.

*Як можна розрізнити типи зір? Для переважної більшості існує лиш одна точна риса, яку можна спостерігати, — колір їхнього світла.*

У 1920-х роках, коли астрономи почали вивчати спектри зір інших галактик, вони виявили дещо вельми дивне: там були ті самі характерні набори відсутніх кольорів, як і в зір нашої галактики, але зміщені на однакову відносну величину в бік червоного кінця спектра. Єдиним розумним поясненням цього було те, що галактики рухаються від нас і частота світлових хвиль від них зменшується (зміщується в червоний бік) унаслідок ефекту Доплера. Прислухайтеся до автівки, що їде по дорозі. У міру того як вона наближається до вас, її двигун звучить із дедалі вищою частотою (видає вищої частоти звукові хвилі), а коли вона проїжджає повз вас і починає віддалятися, звук чується з дедалі нижчою частотою. Поведінка світлових або радіохвиль є аналогічною. Поліція навіть використовує ефект

## ЛЕКЦІЯ ДРУГА. ВСЕСВІТ, ЩО РОЗШИРЮЄТЬСЯ

*Одне з найглибших зображень неба, зроблене наразі за допомогою космічного телескопа NASA «Габбл», відкриває цілу популяцію тьмяних блакитних галактик, що, схоже, є найпоширенішим класом об'єктів у Всесвіті. Відстані до них оцінюються в діапазоні від трьох до восьми мільярдів світлових років, що означає, що їх було чимало, коли вік Всесвіту складав маленьку частку від нинішнього, але тепер поменшало (або ж їх стало важче знайти) через згасання чи самознищення. Розгадка формування та розвитку цих галактик блакитних карликів може дати нам нові ключі до розуміння процесу еволюції галактик, нашого Чумацького Шляху зокрема. Галактики здаються блакитними тому, що проживають епізоди інтенсивного формування, які породжують багато молодих, гарячих блакитних зір.*



Доплера для визначення швидкості автівок, вимірюючи частоту імпульсів відбитих від них радіохвиль.

У наступні роки після доведення існування інших галактик Габбл складав каталоги відстаней до них та спостерігав за їхніми спектрами. У той час більшість людей вважали, що галактики рухаються доволі безсистемно, а тому були готові виявити так само багато спектрів із блакитним зміщенням, як і з червоним. Тому відкриття, що всі галактики мають червоне зміщення, стало неабияким сюрпризом. Усі вони рухаються від нас. Однак ще більшим сюрпризом став результат, який Габбл опублікував у 1929 році: навіть величина червоного зміщення галактик є не випадковою, а прямо пропорційною їхній відстані від нас. Або, інакше кажучи, чим далі від нас галактика, тим швидше вона віддаляється. А це означало, що Всесвіт не може бути статичним, як усі вважали раніше, а насправді розширюється. Відстань між галактиками постійно зростає.

*Навіть величина червоного зміщення галактик є не випадковою, а прямо пропорційною їхній відстані від нас. Чим далі від нас галактика, тим швидше вона віддаляється.*

Відкриття того, що Всесвіт розширюється, стало однією з головних інтелектуальних революцій ХХ століття. Озираючись у минуле, залишається хіба дивуватися, чому ніхто не додумався до цього раніше. Ньютон та інші мали б зрозуміти, що статичний Всесвіт невдовзі почав би стискатися під впливом сили тяжіння. Проте уявімо, що, замість бути статичним, Всесвіт розширюється. Якщо це відбувається доволі повільно, то сила тяжіння рано чи пізно змусить його припинити розширюватися, а потім — почати стискатися. Однак якщо він розширюється зі швидкістю, більшою за



## ЛЕКЦІЯ ДРУГА. ВСЕСВІТ, ЩО РОЗШИРЮЄТЬСЯ

певну критичну, то сила тяжіння ніколи не буде достатньо потужною, щоб його зупинити, і Всесвіт продовжить розширюватися вічно. Це трохи схоже на те, що відбувається під час запуску ракети вгору з поверхні Землі. Якщо вона має не досить високу швидкість, то гравітація рано чи пізно зупинить ракету, яка почне падати назад. Якщо ж ракета має швидкість, більшу за певну критичну (приблизно 11,2 км/с), то гравітація не буде достатньо сильною, щоб притягнути її назад, тому вона продовжить віддалятися від Землі вічно.

Таку поведінку Всесвіту можна було передбачити на основі теорії гравітації Ньютона в будь-який час — у XIX, XVIII чи навіть наприкінці XVII століття. Проте віра у статичний Всесвіт була такою сильною, що зберігалась аж до початку XX століття. Навіть коли Ейнштейн сформулював загальну теорію відносності в 1915 році, він був упевнений, що Всесвіт має бути статичним. Щоб забезпечити можливість цього, він видозмінив свою теорію, ввівши до рівняння так звану космологічну сталу. Це була нова сила «антигравітації», що, на відміну від інших сил, не походила з якогось конкретного джерела, а була «вплетена» в саму тканину простору-часу. Ця космологічна стала надавала простору-часу внутрішню тенденцію розширюватись, і це було зроблено для точного врівноваження тяжіння всієї матерії у Всесвіті, щоб отримати в результаті статичний Всесвіт.

Схоже, що прийняти загальну теорію відносності в чистому вигляді була готова лише одна людина. Поки Ейнштейн та інші фізики шукали способи уникнути постання нестатичного

*Навіть коли Ейнштейн сформулював загальну теорію відносності в 1915 році, він був упевнений, що Всесвіт має бути статичним.*



Всесвіту із загальної теорії відносності, російський фізик Олександр Фрідман натомість узявся його пояснити.

## МОДЕЛІ ФРІДМАНА

Рівняння загальної теорії відносності, що визначили, як Всесвіт еволюціонує в часі, надто складні для розв'язання в деталях. Натомість Фрідман зробив два дуже простих припущення: Всесвіт є ідентичним у будь-якому напрямку, в якому ми дивимось, і буде так само, якщо ми станемо спостерігати Всесвіт із будь-якого іншого місця. На основі загальної теорії відносності та цих двох припущень Фрідман показав, що нам не слід очікувати від Всесвіту статичності. Фактично, у 1922 році, за кілька років до відкриття Едвіна Габбла, Фрідман уже точно передбачив ним виявлене.

У реальності припущення, що Всесвіт має однаковий вигляд в усіх напрямках, є явно неправильним (наприклад, зорі нашої галак-

*Фрідман зробив два дуже простих припущення:*

*Всесвіт є ідентичним*

*у будь-якому*

*напрямку,*

*в якому ми*

*дивимось, і буде*

*так само, якщо*

*ми станемо*

*спостерігати*

*Всесвіт із*

*будь-якого іншого*

*місця.*

*Щоб визначити, чи перестане Всесвіт розширюватись і з часом почне стискатись, а чи продовжить розширюватись вічно, його можна порівняти з ракетою, що злітає із Землі. Якщо ракета має не досить високу швидкість, то гравітація рано чи пізно зупинить ракету, яка почне падати назад на Землю. Якщо ж ракета має швидкість, більшу за певну критичну (приблизно 11,2 км/с), то гравітація не буде достатньо сильною, щоб притягнути її назад, тому вона продовжить віддалятися від Землі вічно. NASA успішно запустила вже понад двісті орбітальних супутників Землі, серед яких восьма орбітальна сонячна обсерваторія Годдарда, запущена на борту цієї ракети класу «Дельта» 21 червня 1975 року з мису Канаверал, штат Флорида.*



*Космічна рентгенівська обсерваторія «Чандра» дозволила отримати дивовижну високоенергетичну панораму центральних ділянок нашої галактики Чумацький Шлях. Ця мозаїка з кількох зображень розміром 400 на 900 світлових років демонструє сотні білих карликів, нейтронних зір та чорних дір, що плавають у тумані газу, розжареного до температури в багато мільйонів градусів.*

тики утворюють у нічному небі чітку смугу світла під назвою Чумацький Шлях). Проте якщо поглянути на далекі галактики, то їхня кількість у всіх напрямках, найімовірніше, буде більш-менш однаковою. Тому Всесвіт, схоже, приблизно однаковий у всіх напрямках, якщо розглядати його у великому масштабі, враховуючи величезні відстані між галактиками.

Тривалий час це було достатнім обґрунтуванням припущення Фрідмана — як грубого наближення до справжнього Всесвіту. Утім пізніше щасливий випадок відкрив той факт, що припущення Фрідмана є, по суті, на диво точним описом нашого Всесвіту. У 1965 році двоє





американських фізиків, Арно Пензіас та Роберт Вілсон, працювали в Лабораторіях Белла в Нью-Джерсі над розробкою дуже чутливого детектора мікрохвиль для зв'язку з орбітальними супутниками. Вони були стурбовані, виявивши, що їхній детектор приймає більше шуму, ніж мав би, і цей шум, схоже, не йде із жодного конкретного напрямку. Спочатку вони вирішили, що в детектор потрапив пташиний послід, потім перевірили його на предмет інших можливих негараздів, але невдовзі виключили їх. Вони знали, що будь-який шум ізсередини атмосфери сильніший, коли детектор спрямований не вертикально вгору, бо атмосфера щільніша, якщо дивитися під кутом до вертикалі.

Зайвий шум був однаковим незалежно від спрямування детектора, а отже, він мав походити з-поза меж атмосфери. Він був однаковим удень і вночі, а ще — упродовж усього року, навіть попри те, що Земля обертається навколо своєї осі та навколо Сонця. Це вказува-

*Зайвий шум був  
однаковим  
незалежно від  
спрямування  
детектора,  
а отже, він мав  
походити з-поза  
меж атмосфери.*

ло на те, що фонове випромінювання надходить із-поза меж Сонячної системи й навіть із-поза меж галактики, бо інакше воно б різнилося за умов різного спрямування детектора.

Ми знаємо, що випромінювання мало пройти до нас через більшу частину спостережуваного Всесвіту. Оскільки воно однакове в різних напрямках, Всесвіт має також бути однаковим у всіх напрямках, принаймні у великому масштабі. Тепер ми знаємо, що, хоч у якому напрямку дивитися, цей шум ніколи не різниться більше ніж на одну десятитисячну. Тому Пензіас та Вілсон випадково натрапили на дивовижно точне підтвердження першого припущення Фрідмана.

Приблизно в той самий час мікрохвилями також зацікавилися двоє інших американських фізиків із сусіднього Принстонського університету: Боб Дік та Джим Піблз. Вони працювали над припущенням, зробленим Георгієм Гамовим, колишнім учнем Олександра Фрідмана, що ранній Всесвіт мав бути дуже гарячим та щільним, розпеченим до білого. Дік і Піблз стверджували, що ми ще й досі маємо змогу бачити його світіння, бо світло від дуже далеких частин раннього Всесвіту доходить до нас лише зараз. Однак розширення Всесвіту означає: це світло має бути настільки сильно зміщене в червоний бік, що тепер здаватиметься нам мікрохвильовим випромінюванням. Якраз коли Дік і Піблз шукали таке випромінювання, про їхню роботу почули Пензіас та Вілсон, які усвідомили, що вони його вже знайшли. За це в 1978 році Пензіас та Вілсон отримали Нобелівську пре-

Науково-популярне видання

*ГОКІНГ Стівен*  
**Теорія всього**

Керівник проекту *С. І. Мозгова*  
Відповідальний за випуск *А. В. Альошичева*  
Редактор *Р. А. Трифонов*  
Художній редактор *А. О. Попова*  
Технічний редактор *В. Г. Євлахов*  
Коректор *Р. С. Маринич*

Підписано до друку 20.06.2019. Формат 60x90/16. Друк офсетний.  
Гарнітура «Georgia». Ум. друк. арк. 10. Наклад 4750 пр. Зам. № .

Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля»  
Св. № ДК65 від 26.05.2000  
61001, м. Харків, вул. Б. Хмельницького, буд. 24  
E-mail: [cor@bookclub.ua](mailto:cor@bookclub.ua)

Віддруковано у ПРАТ «Харківська книжкова фабрика “Глобус”»  
61052, м. Харків, вул. Різдвяна, 11.  
Свідоцтво ДК № 3985 від 22.02.2011 р.  
[www.globus-book.com](http://www.globus-book.com)

---

**Гокінг С.**

Г59 Теорія всього / Стівен Гокінг ; перекл. з англ. Я. Лебеденка. — Харків : Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля», 2019. — 160 с.

ISBN 978-617-12-6073-3  
ISBN 978-1-932407-07-3 (англ.)

УДК 524.8



Книжка написана живою мовою й розрахована на широке коло читачів без академічних знань з фізики. Це історія Всесвіту, в контексті якої автори спростовують традиційну теорію його появи, по-новому осмислюють теорію Великого вибуху та заперечують думку про те, що Земля — єдина планета, на якій є життя. Що, як окрім нашої галактики та Всесвіту існує безліч інших унікальних космічних об'єктів?

Ця науково-популярна праця видатного англійського астрофізика Стівена Гокінга у співавторстві з фахівцем з теорії струн, автором ряду науково-популярних статей Леонардом Млодіновим присвячена природі простору та часу й походженню Всесвіту. Це нова версія всесвітньо відомої «Короткої історії часу», доповнена останніми даними з космології, — спроба ще простіше та зрозуміліше викласти найскладніші теорії. Книжка не обмежується розповіддю про сучасні наукові досягнення у вивченні Всесвіту — вона розкриває спірні питання, щодо яких серед учених ще немає єдиної думки.

Автори намагаються вирішити основні завдання в науці та філософії: як виник Всесвіт і чому наш світ такий?







Перед вами збірка наукових нарисів 1976—1992 років. Уперше лекцію під назвою «Чорні діри і молоді всесвіти» науковець прочитав у Каліфорнійському університеті в Берклі. Згодом доповнена лекція стала частиною повноцінної збірки, до якої увійшли 13 оповідей та розгорнуте інтерв'ю науковця для передачі «Диски безлюдного острова». Книжка є своєрідним продовженням діалогу з читачем, розпочатого ще у «Короткій історії часу». Найвідоміший астрофізик сучасності тлумачить найбільш імовірні моделі устрою Всесвіту, розмірковує про уявний час, про те, як чорні діри можуть дати життя молодим усе-світам, про теоретичну фізику і продовжує розпочаті ще Альбертом Ейнштейном спроби науковців визначити майбутнє Всесвіту.

**Видавництво «Клуб Сімейного Дозвілля»  
пропонує розміщення реклами  
на нашій книжковій продукції:  
логотипи, закладки, флаєри, листівки,  
буклети тощо.**

Наші конкурентні переваги:

- вашу рекламу буде представлено в найбільшій дистрибуційній мережі України (у 70 книжкових магазинах видавництва «КСД»);
- також на полицях понад 400 бізнес-партнерів (українські книгарні, продуктові та будівельні маркети);
- ви отримаєте доступ до широкої цільової аудиторії (читачі віком від 20 до 40 років, серед них основна частина — від 25 до 35 років; 55—60 % наших покупців становлять жінки);
- ми видаємо бестселери художньої та нон-фікшн літератури, які перебувають у топі вітчизняних книгарень.

**З пропозиціями звертайтеся за адресою:  
[trade@ksd.ua](mailto:trade@ksd.ua)**